This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible.

Google™ books

https://books.google.com

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

UC-NRLF
$B 617 914

LIBRARY
OF THE
University of California.

No. 13389
Division
Range
Shelf
Received May 1879.

Digitized by Google

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

TOME LVIII.

LIBRARY
UNIVERSITY OF
CALIFORNIA.

Digitized by Google

Digitized by Google

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE,

PAR MM. GAY-LUSSAC ET ARAGO.

TOME CINQUANTE-HUITIÈME.

PARIS,

CHEZ CROCHARD, LIBRAIRE,

RUE ET PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE, N° 13.

1835.

Digitized by Google

C21
A6
1...2-
V.58.

IMPRIMERIE DE E. J. BAILLY ET Cie,
PLACE SORBONNE, Nº 2.

Digitized by Google

ANNALES
DE
CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

LIBRARY
UNIVERSITY OF
CALIFORNIA

Mémoire sur l'Esprit de Bois et sur les divers Composés Ethérés qui en proviennent;

PAR MM. J. DUMAS ET E. PÉLIGOT.

Lu à l'Académie des Sciences les 27 octobre et 3 novembre 1834.

Les produits nombreux et remarquables qui se forment par la distillation du bois, ont été soumis à un examen attentif dans ces derniers temps par divers chimistes. Nous venons appeler à notre tour l'attention sur une matière qui se forme dans cette opération, et que l'on a successivement désignée sous les noms d'*éther pyroligneux*, d'*esprit de bois* et d'*esprit pyroxilique*. C'est à ce corps que nous avons reconnu tous les caractères d'un véritable alcool, isomorphe avec l'alcool ordinaire.

L'esprit de bois se trouve en dissolution dans la partie aqueuse des produits de la distillation du bois. Celle-ci

Digitized by Google

étant décantée pour la séparer du goudron non dissous, on la soumet à la distillation dans les fabriques afin d'en extraire, au moins en partie, le goudron qu'elle tient en dissolution. C'est dans les premiers produits que donne cette distillation qu'il faut chercher l'esprit de bois.

On recueille donc les dix premiers litres provenant de chaque hectolitre de liqueur mise en distillation, et on soumet ce produit brut à des rectifications répétées, comme s'il s'agissait de concentrer de l'eau-de-vie. Pour abréger, on peut, dès la première de ces rectifications, mettre dans l'alambic de la chaux vive, qui retient l'eau sans altérer l'esprit de bois. Dans tous les cas, on ne parvient à une purification absolue de l'esprit de bois qu'en faisant usage de ce réactif.

Le produit brut tel qu'on peut se le procurer dans les fabriques de vinaigre de bois, sans déranger en rien la marche du travail, renferme de l'huile volatile, de l'acétate d'ammoniaque et une matière qui se colore en brun à l'air avec une grande facilité. Toutes ces matières disparaissent par des rectifications convenables sur la chaux vive. On est surpris, quand on fait la première, de la grande quantité d'ammoniaque qui se dégage au moment de l'addition de la chaux.

L'esprit de bois est pur quand il ne se colore point à l'air, qu'il se mêle à l'eau en toutes proportions sans la troubler, qu'il ne forme pas dans le protonitrate de mercure un précipité noir, et quand il est d'ailleurs sans action sur les papiers réactifs. Lorsqu'il offre ces caractères, il ne peut renfermer que de l'eau, dont la chaux le débarrasse.

Digitized by Google

Comme le point d'ébullition de l'esprit de bois est très bas, toutes les rectifications se font aisément au bain-marie; et par cette raison même il est facile de concevoir que par de simples distillations on puisse arriver à le débarrasser de la presque totalité des substances qui l'accompagnent. Il conserve seulement un peu d'eau que l'on ne sépare entièrement qu'au moyen de la chaux vive.

Pour compléter ces renseignemens généraux, nous donnerons ici les détails d'un traitement que la complaisance de M. Lemire nous a permis d'exécuter dans son usine de Choisy-le-Roi.

On a distillé à feu nu quatre hectolitres d'acide brut bien décanté. On a recueilli environ trente litres des premiers produits condensés. Cette liqueur était très acide et marquait 0° à l'aréomètre; elle était jaunâtre, un peu trouble et ne présentait pas d'huile libre.

Mêlée de chaux éteinte, elle a donné un grand dégagement d'ammoniaque : on l'a distillée au bain-marie. La liqueur obtenue a été immédiatement redistillée sur de nouvelle chaux au bain-marie. Le produit de cette seconde rectification bouillait à 90° c. et brûlait comme de l'alcool faible. Au bout de quelques jours, cette liqueur avait laissé déposer une poussière d'un rouge brun qu'on a séparée.

Comme le liquide renfermait beaucoup d'ammoniaque libre, on l'a saturée par l'acide sulfurique; à l'instant il s'est déposé du goudron qui l'a troublée. On a soumis le tout à une nouvelle distillation au bain-marie, en divisant le produit définitif en deux parties d'un litre chacune à peu près. La première bouillait à 70° et la

Digitized by Google

seconde à 80°. L'une et l'autre étaient troublées par l'eau.

Deux rectifications, avec un poids de chaux vive en poudre égal à celui de la matière, fournissent alors l'*esprit de bois pur*.

Nous pensons, d'après cette expérience, que les produits aqueux de la distillation du bois contiennent bien près d'un centième d'esprit, car dans une expérience où se présentaient tant de causes de perte, nous avons retiré environ $\frac{1}{100}$. Ce rapport ne pourra s'établir plus exactement que par des épreuves analogues à celles sur lesquelles repose l'essai des vins pour alcool, et variera sans doute avec les circonstances de la distillation.

Il est évident que l'appareil de distillation de Cellier-Blumenthal s'appliquerait d'une manière avantageuse à la rectification de cet esprit, et qu'il rendrait peu nécessaires les divers traitemens que nous venons de décrire ; toutefois, à défaut d'un appareil de cette nature, on pourra toujours avec un alambic ordinaire se procurer un produit pur en suivant la marche que nous avons indiquée, ou du moins une marche analogue. La suite apprendra si l'esprit de bois mérite d'être regardé en France comme un produit commercial, et s'il vaut la peine de s'outiller pour le rectifier, comme on le fait pour la distillation du vin.

Par des procédés fort bien combinés, un de nos plus habiles manufacturiers, M. Mollerat, est parvenu à récolter en grand l'esprit de bois pur et presque anhydre. C'est à sa parfaite obligeance que nous devons les matériaux sur lesquels nous avons opéré, et qui ont rendu

Digitized by Google

nos recherches faciles. Nous le prions d'agréer le témoignage public de notre reconnaissance.

Nous avons été forcés par l'étendue de notre sujet de le diviser en plusieurs Mémoires. Celui-ci a surtout pour objet de faire connaître les corps qui ressemblent aux combinaisons bien connues de l'alcool ordinaire, et d'établir ainsi la vraie théorie de l'esprit de bois.

Nous tracerons plus tard l'histoire des composés produits par l'esprit de bois dans les cas où l'alcool forme des combinaisons qui n'ont pas été suffisamment étudiées, et si les circonstances nous le permettent, nous nous proposons de comparer les combinaisons de l'esprit de bois et celles de l'alcool sous le point de vue de leurs propriétés physiques.

Nous allons décrire maintenant les diverses substances qui nous ont occupés, en les classant dans l'ordre qui nous paraît le plus méthodique.

Méthylène.

Nous donnerons le nom de *méthylène* (1) à un radical dont il est impossible d'éviter la supposition si on veut ramener tous les combinaisons que nous avons à décrire à une théorie commune. Ce radical est un hydrogène carboné, le plus simple de tous; car par chaque volume, il renfermerait un volume de chacun de ses élémens, ce qui lui assignerait la composition suivante :

---

(1) Μεθυ, vin, et υλη, bois; c'est-à-dire vin ou liqueur spiritueuse du bois.

Digitized by Google

4 at. carbone....	153,05	ou bien	85,95
4 hydrogène..	25,00		14,05
1 at. méthylène..	178,05		100,00

Le méthylène, l'hydrogène bicarboné et le carbure d'hydrogène de M. Faraday seraient donc trois corps isomériques dans lesquels le nombre des atomes élémentaires irait toujours en doublant, le premier renfermant CH, le second $C^2 H^2$, le troisième $C^4 H^4$.

Nous n'avons pas pu dégager bien exactement le méthylène des matières qui vont nous occuper, quoique nous ayons fait à ce sujet quelques expériences sur la décomposition du chlorhydrate de méthylène par le feu, dont il sera question plus loin; il est facile de voir que ce gaz a été aperçu par plusieurs chimistes qui ont étudié les gaz formés par la décomposition des matières organiques. Ce sera l'objet de nouvelles recherches.

Bihydrate de méthylène ou esprit de bois.

L'esprit de bois pur est un liquide très fluide, incolore, d'une odeur particulière, à la fois alcoolique, aromatique et mêlée de l'odeur d'éther acétique. Il brûle avec une flamme tout à fait semblable à celle de l'alcool.

Il bout à 66°,5 sous la pression de 0,761. Sa tension est exprimée environ par 0,083, à la température de 14°c.; sa densité est égale à 0,798 à la température de 20° c.

Quand il est à peu près pur, il est très difficile de le distiller, même au bain-marie, à cause des soubresauts

Digitized by Google

continuels qu'on éprouve, soit que le liquide se trouve seul dans la cornue, soit qu'il y ait de la chaux vive en même temps. Les rectifications seraient donc pour ainsi dire impraticables quand l'esprit de bois approche de la pureté, si on n'avait soin de mettre dans la cornue trente ou quarante grammes de mercure. Ce corps, en régularisant la distribution de la chaleur, fait disparaître tous les soubresauts, l'ébullition devient uniforme et la distillation facile.

La densité de sa vapeur a été déterminée avec les soins convenables dans un bain d'eau bouillante. Elle est égale à 1,120. Voici les données de l'expérience :

Excès de poids du ballon plein d'air sur le ballon plein de vapeur.....	0g,069
Capacité du ballon.....	484 cm. cb.
Air restant.....	0
Température de l'air.....	21°
Température de la vapeur.....	100°
Baromètre.....	0,760

Poids du litre de la vapeur..	1g,456
Densité de la vapeur.....	1,120

La composition de l'esprit de bois a été déterminée par les procédés connus, d'abord sur un produit qu'on regardait comme pur et qui pesait 0,798. Pour plus de certitude, avant de répéter l'analyse, on a rectifié ce produit avec de la chaux récemment rougie; enfin, on l'a distillé une dernière fois avec du mercure dans une cornue munie d'un thermomètre qui a marqué 66°,5 depuis le commencement jusqu'à la fin de la distillation

Digitized by Google

sans la moindre variation. Voici les résultats de ces deux analyses :

I. 0,430 matière donnent 0,487 eau et 0,587 acide carbonique.

II. 0,527 matière donnent 0,719 acide carbonique et 0,585 eau.

Ces deux expériences correspondent à la composition suivante :

	I.	II.
Carbone.....	37,7	37,7
Hydrogène....	12,5	12,3
Oxigène.....	49,8	50,0
	100,0	100,0

Ces analyses conduisent à la formule brute $C^4 H^8 O^2$, qui donne des résultats identiques :

4 at.	carbone ...	153,05	ou bien	37,97
8	hydrogène..	50,00		12,40
2	oxigène....	200,00		49,63
		403,05		100,00

La densité de la vapeur de l'esprit de bois s'accorde avec cette formule, ainsi qu'on le voit dans le calcul suivant :

4 vol.	vapeur de carbone..	1,6864
8	hydrogène.....	0,5504
2	oxigène.....	2,2052
		4,4420

$$\frac{4,4420}{4} = 1,1105$$

Ainsi, chaque volume d'esprit de bois renferme un

Digitized by Google

volume de carbone, deux volumes d'hydrogène et un demi-volume d'oxigène.

En représentant l'esprit de bois comme un bihydrate de méthylène, il renfermerait un volume de vapeur d'eau et un volume de méthylène condensés en un seul, ou bien :

1 at.	méthylène.	178,05	ou bien	44,17
2	eau.....	225,00		55,83
		403,05		100,00

L'esprit de bois se conserve sans altération au contact de l'air, dans un flacon mal bouché par exemple; mais quand on met en présence l'esprit de bois en vapeur, l'air et le platine très divisé qu'on appelle *noir de platine*, il se développe beaucoup de chaleur, et il se produit de l'acide formique. On sait que l'alcool soumis à la même action produirait de l'acide acétique.

Pour faire cette expérience avec facilité, il faut placer une cloche ouverte par le haut sur une large assiette contenant de l'eau distillée. On distribue dans quelques capsules quinze ou vingt grammes de noir de platine, on met de l'esprit de bois dans un verre à pied, et on place le tout sous la cloche. Bientôt la vapeur d'esprit de bois se répand dans la cloche et la réaction s'opère à mesure que le mélange de vapeur et d'air arrive au contact du noir de platine; des vapeurs abondantes viennent se condenser sur les parois de la cloche et ruissèlent dans l'assiette dont l'eau acquiert la réaction acide. Mais il est facile de se convaincre que l'esprit de bois résiste bien mieux que l'alcool à cette oxidation.

Digitized by Google

En ayant soin de renouveler l'esprit de bois à mesure du besoin, on parvient au bout de quelques jours à se procurer une liqueur acide assez riche pour qu'il soit facile d'y reconnaître la présence de l'acide formique.

Il est bien établi maintenant que l'alcool se convertit en acide acétique dans cette circonstance en vertu d'une formation d'eau aux dépens de son hydrogène et de la fixation d'une quantité d'oxigène équivalente à celle de l'hydrogène qu'il a perdu. La même théorie rend compte de la conversion de l'esprit de bois en acide formique.

En effet, si l'esprit de bois perd tout son hydrogène dans cette réaction, l'oxigène qui doit le remplacer se trouve précisément en tel rapport que le bihydrate de méthylène est converti en acide formique hydraté, comme l'exprime la formule suivante :

$$C^4 H^4, H^4 O^2 + O^4 = C^4 H^2 O^3, H^2 O + H^4 O^3.$$

Ainsi l'esprit de bois perd quatre volumes d'hydrogène et gagne deux volumes d'oxigène, ce qui est conforme à la théorie des substitutions récemment établie par l'un de nous.

Si, au lieu d'exposer l'esprit de bois à l'action lente de l'air et du noir de platine, on le verse sur du noir de platine goutte à goutte, celui-ci devient tout de suite incandescent, comme si l'on agissait avec de l'alcool ordinaire. En ce cas, l'esprit de bois brûle et produit de l'acide carbonique en grande quantité. Le noir de platine n'est plus ici qu'un agent propre à enflammer le corps, et les produits ressemblent à ceux que donnerait l'esprit de bois enflammé au contact de l'air par un moyen quelconque.

Digitized by Google

Le chlore agit moins vivement sur l'esprit de bois que sur l'alcool. Ainsi, quand on verse de l'esprit de bois dans un flacon de chlore sec, il ne se dégage pas de chaleur ou à peine, et l'action ne s'opère qu'avec lenteur, même sous l'influence solaire.

Si on fait agir le chlore sur l'esprit de bois à l'ombre, mais en chauffant légèrement le liquide, l'action est encore difficile et lente. Il faut distiller nombre de fois la matière dans le courant de chlore pour que la production d'acide hydrochlorique cesse d'avoir lieu.

Cette action du chlore peut donner naissance à deux liquides très différens par leur volatilité. Celui qui est le moins volatil se combine avec l'ammoniaque et forme un corps cristallisable. Quoique nous ayons fait l'analyse de ces deux liquides, qui renferment beaucoup de chlore, le désir que nous avons de les comparer aux combinaisons correspondantes de l'alcool qui n'ont point été analysées, nous engage à remettre leur histoire détaillée au Mémoire suivant.

Nous voulons seulement établir ici que l'action du chlore sur l'esprit de bois ressemble à celle du chlore sur l'alcool, mais qu'elle est moins intense et plus lente.

L'analogie qui existe entre l'esprit de bois et l'alcool nous a conduits à étudier l'action du chlorure de chaux sur le premier de ces corps; elle est très nette et donne naissance à un produit que l'un de nous a étudié récemment.

Quand on distille une dissolution de chlorure de chaux avec de l'esprit de bois, on obtient, en effet, du chloroforme ordinaire. L'expérience est aussi facile qu'avec

Digitized by Google

l'alcool ou l'acétone. On dissout une livre de chlorure de chaux de bonne qualité dans l'eau, on décante la liqueur avec soin et on l'introduit dans une cornue avec une once d'esprit de bois. On chauffe; bientôt la réaction s'opère et l'on obtient dans le récipient une liqueur oléagineuse qui est le chloroforme impur. On le sépare par décantation de l'eau qui le surnage, et après l'avoir agité quelque temps avec de l'acide sulfurique concentré, on le rectifie sur de la baryte caustique en poudre fine.

Ainsi préparé, le chloroforme d'esprit de bois a donné à l'analyse les mêmes résultats que le chloroforme de l'alcool ou de l'acétone.

0,531 matière produisent 0,046 eau et 0,194 acide carbonique; c'est-à-dire, en centièmes :

Carbone.....	10,1
Hydrogène.....	0,9
Chlore.....	89,0
	100,0

Ce qui s'accorde avec l'analyse du chloroforme publiée récemment par l'un de nous.

Les acides exercent sur l'esprit de bois une action tout à fait spéciale qui sera examinée en détail dans les articles suivans. Contentons-nous d'observer ici que les acides oxigénans, tels que l'acide nitrique, exercent sur l'esprit de bois une action très faible comparativement à celle qu'ils produisent sur l'alcool. On peut distiller ensemble un mélange d'acide nitrique du commerce et d'esprit de bois sans qu'il y ait d'action, si ce n'est à la fin de la distillation. L'acide nitrique concentré exerce

Digitized by Google

pourtant une action assez vive sur ce corps à l'aide de la chaleur. Il se forme une grande quantité de vapeurs nitreuses, de l'acide formique et quelquefois de l'azotate de méthylène.

L'esprit de bois dissout la potasse et la soude. Ces dissolutions se comportent comme celles que fournit l'alcool; elles se colorent à l'air.

La baryte anhydre exerce une action spéciale sur l'esprit de bois. Au plus haut degré de concentration, ce produit s'échauffe toujours beaucoup quand on le met en contact avec la baryte. Il dissout cette substance et reste combiné avec elle.

Pour obtenir ce composé pur, il faut ajouter de la baryte en poudre à l'esprit de bois absolu. La matière se dissout avec production de chaleur. On filtre et on évapore dans le vide. Il reste un produit cristallin qui est formé de

Baryte	70,5
Esprit de bois..	29,5
	100,0

En supposant que la baryte et l'esprit de bois se soient combinés atome à atome, on aurait

1 at.	baryte	957	70,4
1	esprit de bois ..	403	29,6
		1360	100,0

En soumettant cette substance à une distillation douce, elle fournit un liquide analogue à l'esprit de bois sans changer d'aspect; ensuite elle fond, donne un

Digitized by Google

produit huileux, puis noircit légèrement et la baryte se carbonate.

Quand on sature à chaud l'esprit de bois de baryte anhydre, le composé s'en sépare par le refroidissement en aiguilles soyeuses qui, à l'air, brunissent très promptement.

Quand on met en présence des dissolutions de potasse dans l'esprit de bois et du sulfure de carbone, il se forme un produit semblable ou analogue à celui que M. Zeise a décrit sous le nom d'hydroxanthate de potasse; mais comme cette matière est peu connue, nous avons remis son étude à une autre occasion.

L'esprit de bois agit sur les sels comme dissolvant à peu près à la manière de l'alcool. Il précipite les sulfates de leurs dissolutions aqueuses. Il dissout le chlorure de calcium en abondance et forme avec lui une combinaison cristallisable.

Quand on traite ce corps à la manière de l'alcool pour préparer l'argent fulminant, on obtient un dépôt blanc qui exige une étude spéciale et qui se produit sans aucune réaction vive.

L'esprit de bois dissout parfaitement les résines, et comme il est plus volatil que l'alcool, son emploi dans la fabrication des vernis est tout à fait convenable. Nous ne doutons pas qu'il ne soit un jour substitué à l'alcool dans cette application industrielle partout où le prix de l'alcool est un peu élevé.

Comme dissolvant, l'esprit de bois est moins apte que l'alcool à dissoudre des corps qui exigent des dissolvans très hydrogénés, mais il est plus propre que lui à dissoudre des substances riches en oxigène. Il nous semble,

Digitized by Google

en un mot, qu'en disant, eau, esprit de bois, alcool, éther, nous donnons une idée précise du rang et de la tendance de chacun de ces corps. On voit que l'esprit de bois interviendra avec profit dans l'analyse des corps organisés.

Hydrate de méthylène.

Quand on distille un mélange d'une partie d'esprit de bois avec quatre parties d'acide sulfurique concentré, il se passe des phénomènes parfaitement semblables à ceux que présente la distillation d'un mélange d'alcool et d'acide sulfurique concentré. Le mélange brunit un peu et finit par noircir, mais il ne se boursouffle pas aussi facilement que les mélanges produits par l'alcool ordinaire.

Dès les premiers instans de l'ébullition jusqu'à la fin de la réaction, il se dégage des gaz en abondance. On découvre facilement la présence de l'acide carbonique et celle de l'acide sulfureux dans le produit gazeux. Pour se débarrasser de ces deux corps, il faut mettre les gaz en contact, pendant vingt-quatre heures, avec des fragmens de potasse caustique. Au bout de ce temps, il reste un gaz qui n'est point acide, qui se dissout entièrement dans l'eau, qui possède une odeur éthérée, et qui brûle avec une flamme semblable à celle de l'alcool. Ce gaz, que nous appelons *hydrate de méthylène*, est à l'esprit de bois ce que l'éther ordinaire est à l'alcool, c'est-à-dire que le bihydrate de méthylène a perdu la moitié de son eau pour constituer l'hydrate gazeux, tout comme l'alcool a perdu la moitié de son eau pour former l'éther ordinaire.

Digitized by Google

On a fait l'analyse de ce gaz au moyen de l'eudiomètre à mercure, et on a toujours obtenu pour chaque volume de gaz brûlé deux volumes d'acide carbonique; il disparaissait en même temps trois volumes de gaz oxigène. Ainsi l'hydrate de méthylène se comporte comme l'hydrogène bicarboné ordinaire en pareille circonstance. Voici les résultats de deux analyses :

	Mesures.	
Hydrate de méthylène.....	23	21,5
Oxigène.....	97	85,0
Résidu après détonnation.....	73	63,0
Résidu après l'action de la potasse	26	19,0
D'où, acide carbonique.....	47	44
Hydrogène.....	48	44

Chaque volume d'hydrate de méthylène renfermant deux volumes de carbone et deux volumes d'hydrogène, il restait à déterminer la proportion de l'eau qui pouvait s'y rencontrer en combinaison; c'est ce que l'on a fait en prenant la densité du gaz.

En cherchant à la déterminer, on s'est aperçu qu'il se produisait, à une certaine époque de la préparation du gaz, des gouttes oléagineuses dont la présence expliquait l'odeur particulière et alliacée que le gaz offrait en certains cas. Cette circonstance, qui fut expliquée plus tard par la découverte d'un éther huileux renfermant de l'acide sulfurique, peut rendre compte de l'excès de densité que le gaz offre quelquefois et de la nécessité où l'on est d'examiner chaque éprouvette à part pour rejeter celles où l'odeur éthérée n'est pas pure.

Digitized by Google

Dans la première expérience on avait trouvé les nombres suivans :

Poids du ballon vide.....	A	
Poids du ballon plein d'air sec....	A +	1,040
Poids du ballon plein de gaz éthéré	A +	1,703
Densité.....		1,637

Dans l'expérience suivante, on prit les plus grandes précautions pour éviter la présence du produit accidentel dont nous avons parlé. Voici les nombres obtenus :

Poids du ballon vide.....	A	
Poids du ballon plein d'air sec.....	A +	1,040
Poids du ballon plein de gaz éthéré.	A +	1,682
Densité.....		1,617

Enfin, dans une troisième épreuve, le gaz étant préparé avec le même soin, on a obtenu :

Poids du ballon vide.....	A	
Poids du ballon plein d'air sec.....	A +	1,039
Poids du ballon plein de gaz éthéré.	A +	1,682
Densité.....		1,617

Dans ces expériences, on n'a tenu aucun compte de l'effet absorbant très léger du mastic du ballon sur le gaz ; on a seulement cherché à le diminuer autant que possible, en procédant avec rapidité. Cet effet tend à augmenter la densité.

En réunissant les données qui précèdent, on voit que l'hydrate de méthylène renferme par chaque volume, d'après l'analyse eudiométrique :

Digitized by Google

2 vol.	carbone....	0,8432
2	hydrogène..	0,1376
		0,9808

Retranchant ce nombre de la densité du gaz, il restera le poids de l'eau qui entre dans sa composition; on a ainsi :

1 vol. hydrate de méthylène...	1,6170
Carbone et hydrogène.....	0,9808
Eau	0,6362

Mais comme un volume de vapeur d'eau pèse 0,620, on ne fera pas difficulté d'admettre que l'hydrate de méthylène est réellement formé de

2 vol.	carbone.....	0,8432
2	hydrogène....	0,1376
1	vapeur d'eau..	0,6200
		1,6008

Nous ne nous arrêterons pas à discuter la petite erreur qui se remarque dans la détermination de la densité du gaz; elle est d'un ordre négligeable. D'ailleurs l'analyse de ce corps s'est vérifiée de tant de façons, que nous n'avons pas jugé nécessaire de reprendre cette densité sur une plus grande échelle; les nombres qui précèdent permettant d'établir très nettement la nature de l'hydrate de méthylène.

Il est facile de voir que ce corps présente l'un des plus curieux exemples d'isomérie, car il possède exactement

Digitized by Google

la même composition que l'alcool, et il a la même densité que la vapeur alcoolique.

Ainsi, le nombre et la condensation des atomes sont les mêmes dans ces deux corps, et il faut bien que l'arrangement de ces atomes ne soit pas le même, puisqu'on observe une si grande différence dans leurs propriétés.

La théorie que nous avons adoptée rend parfaitement compte de cette différence. En effet, l'un et l'autre de ces corps renferment un volume de vapeur aqueuse; mais l'hydrogène et le carbone qui forment un seul volume d'hydrogène bicarboné dans l'alcool commun, représentent deux volumes d'un autre hydrogène carboné dans le nouveau gaz, c'est-à-dire deux volumes de méthylène.

Il est clair que l'alcool et l'hydrate de méthylène offrent aux physiciens une occasion heureuse d'étudier comparativement deux corps de même composition doués de propriétés très différentes. Ces deux corps peuvent s'obtenir purs, en grandes quantités, et sont faciles à manier pour les expériences relatives à leurs propriétés optiques ou calorifiques.

En considérant la composition de l'hydrate de méthylène sous le point de vue que nous avons adopté, il serait donc formé de

4	at. carbone....	153,05	ou bien	52,68
6	hydrogène..	37,50		12,90
1	oxigène....	100,00		34,42
		290,55		100,00

Digitized by Google

1 at.	méthylène..	178,05 ou bien	61,28
2	eau.....	112,50	38,72
		290,55	100,00

Enfin, chaque volume de ce gaz renferme deux volumes de méthylène pour un volume de vapeur aqueuse.

L'hydrate de méthylène est un gaz incolore, d'une odeur éthérée, brûlant avec une flamme pâle comme celle de l'alcool. Refroidi à — 16°, il ne se liquéfie pas.

L'eau en dissout environ 37 fois son volume à la température de 18°; elle acquiert une odeur éthérée et une saveur poivrée.

L'alcool en dissout bien plus; il en est de même de l'esprit de bois.

L'acide sulfurique en dissout une grande quantité, qu'il abandonne quand on l'étend d'eau.

Action des hydracides sur l'esprit de bois.

Quand on fait réagir le bihydrate de méthylène sur les hydracides, il se produit des composés nouveaux parfaitement analogues aux éthers hydrochlorique, hydriodique, etc. Dans ces composés, selon la manière de voir que nous avons adoptée, il entre toujours un volume d'acide pour un volume de méthylène; de telle sorte que l'eau qui constitue le bihydrate de méthylène se sépare et devient libre pendant la réaction.

En considérant ces sortes de composés, il est facile d'apprécier la nécessité d'un radical tel que celui qu'on a admis plus haut. En effet, il ne reste plus dans ces

Digitized by Google

combinaisons autre chose que du carbone et de l'hydrogène, de telle sorte que pour en concevoir la production, il faut admettre l'existence de ce radical ou celle de quelque autre hydrogène carboné analogue. Nous discuterons plus loin les motifs qui nous ont conduits à donner la préférence à l'hypothèse que nous avons exposée plus haut, et que le besoin de classer les faits dans un ordre commode et clair nous eut conduits à choisir, quand bien même elle n'aurait pas dirigé dès le principe tous nos essais avec une certitude qui ne s'est jamais démentie.

Chlorhydrate de méthylène.

Le chlorhydrate de méthylène correspond à l'éther hydrochlorique, mais ne se prépare pas tout à fait de la même manière. Le procédé le plus commode pour l'obtenir consiste à chauffer un mélange de deux parties de sel marin, une partie d'esprit de bois et trois parties d'acide sulfurique concentré. A l'aide d'une chaleur douce, on obtient un gaz qui peut se recueillir sur l'eau, et qui n'est autre chose que le chlorhydrate de méthylène pur. L'eau retient les vapeurs des divers produits accidentels qui pourraient se dégager, et qui seraient de l'esprit de bois, de l'hydrate de méthylène, de l'acide sulfureux, etc.

Lorsque nous avons essayé de condenser ce gaz, nous n'avons pas obtenu trace de produit liquide à 18° au dessous de 0°. Il est probable qu'à une température un peu plus basse il aurait été liquéfié ; mais il résiste très

Digitized by Google

bien à celle que nous venons d'indiquer, pourvu qu'il soit pur.

Le chlorhydrate de méthylène est un gaz incolore, d'une odeur éthérée et d'une saveur sucrée. Il brûle avec une flamme blanche au milieu et verte sur les bords. L'eau en dissout 2,8 fois son volume à la température de 16° et sous la pression de 0,765.

Le chlorhydrate de méthylène, soit qu'on le considère à l'état gazeux, soit qu'on le prenne en dissolution, est un corps parfaitement neutre, sans action sur la teinture de tournesol, sans action sur le nitrate d'argent, et dont, sous ce double rapport, les propriétés se rapportent exactement à celles de l'éther hydrochlorique.

Quand on le fait détonner dans l'eudiomètre avec un excès d'oxigène, le chlorhydrate de méthylène se décompose entièrement en produisant de l'eau, du gaz acide carbonique, de l'acide chlorhydrique et quelques traces de chlore. L'eau formée suffit pour condenser l'acide chlorhydrique mis à nu. Chaque volume de chlorhydrate de méthylène consomme un volume et demi d'oxigène et produit un volume d'acide carbonique. Voici les données de deux analyses :

Chlorhydrate de méthylène.	19,5	24
Oxigène.....	72	88
Acide carbonique.....	20	24
Oxigène en excès	40	51
Oxigène disparu.....	12	13

Il y a, comme on peut voir, quelque peu d'oxigène qui disparaît en sus de celui que le méthylène exigerait; mais comme on l'a dit déjà, l'acide chlorhydrique lui-

Digitized by Google

même est attaqué par l'oxigène, et il se développe des traces de chlore à chaque détonnation. En tenant compte de cette cause d'erreur, il paraîtra certain que le chlorhydrate de méthylène doit contenir un volume de carbone et un volume d'hydrogène par chaque volume.

Parmi les moyens qui s'offraient à nous pour compléter cette analyse, la densité nous a paru le plus exact; nous l'avons donc prise avec beaucoup de soin, et nous l'avons trouvée égale à 1,731.

En retranchant de cette densité celle d'un volume d'hydrogène et celle d'un volume de carbone dont l'analyse eudiométrique indique la présence dans chaque volume de chlorhydrate de méthylène, on aurait :

	1,7310
	0,4904
Reste....	1,2406

Comme la densité de l'acide chlorhydrique est égale à 1,2474, il est manifeste que le corps qui nous occupe est formé d'un volume de méthylène et d'un volume d'acide chlorhydrique condensés en un seul, ce qui donnerait :

1 vol. méthylène.....	0,4904
1 vol. acide chlorhydrique.....	1,2474
1 vol. chlorhydrate de méthylène..	1,7378

On peut donc établir la composition de ce corps de la manière suivante :

Digitized by Google

4 at.	carbone....	153,05	ou bien	24,17
6	hydrogène..	37,50		5,92
2	chlore.....	442,65		69,91
		633,20		100,00

1 at.	méthylène.....	178,05	ou bien	28,12
1 at.	acide chlorhydrique..	455,15		71,88
		633,20		100,00

Le chlorhydrate de méthylène étant soumis à l'action d'une chaleur rouge se décompose complétement. L'expérience est facile à faire, car il suffit de diriger le gaz à mesure qu'il se forme dans un flacon de Woulf pour le laver, puis dans un tube renfermant du chlorure de calcium pour le dessécher, enfin dans un tube de porcelaine incandescent où il se décompose. Tant que le tube n'est pas rouge, la décomposition ne s'effectue pas. Lorsque la température est parvenue au rouge cerise, le chlorhydrate de méthylène se décompose en acide chlorhydrique et en un gaz carburé. Le tube de porcelaine se couvre d'une couche mince de charbon.

Il serait bien inutile de chercher des proportions entre l'acide chlorhydrique et le gaz carburé, car on sait que dans un appareil où il y a des bouchons de liége, l'acide chlorhydrique est absorbé par ceux-ci d'une manière variable et en assez grande quantité pour changer tous les rapports.

Quand on a dépouillé le gaz de l'acide chlorhydrique par l'action de l'eau, il reste encore quelquefois un peu de chlorhydrate de méthylène qu'on n'enlève bien qu'avec

Digitized by Google

une plus grande quantité d'eau. Il faut laver le gaz jusqu'à ce qu'il brûle sans produire d'acide chlorhydrique.

Ainsi purifié, le gaz carburé qui reste brûle avec une flamme jaune. Il donne à la détonnation à peu près son volume d'acide carbonique en détruisant à peu près $\frac{3}{2}$ vol. d'oxigène. Le chlore n'agit pas sur lui à l'ombre ; mais sous l'influence des rayons solaires, les deux gaz se combinent.

Il est présumable que dans cette décomposition on parviendra à se procurer le méthylène pur si on peut rencontrer la température convenable. Le gaz que nous avons étudié différait peu du méthylène quoiqu'il se fût formé un dépôt charbonneux dans le tube de porcelaine.

Iodhydrate de méthylène.

On l'obtient avec la plus grande facilité en distillant une partie de phosphore, huit parties d'iode et douze ou quinze d'esprit de bois. On dissout l'iode dans l'esprit de bois, on place la dissolution dans une cornue, et on ajoute le phosphore peu à peu. Les premiers fragmens déterminent une action très vive accompagnée de chaleur et de production d'acide iodhydrique. Dès que l'ébullition qu'ils occasionent est calmée, on ajoute le reste du phosphore, on agite, et bientôt il faut chauffer la cornue, sans quoi l'ébullition cesserait tout à fait. On distille tant qu'il se dégage une liqueur éthérée.

Le résidu renferme de l'acide phosphoreux, de l'acide phosphométhylique et du phosphore. Il est entièrement décoloré. La liqueur obtenue dans le récipient se compose d'esprit de bois et d'iodhydrate de méthylène. On

Digitized by Google

en sépare ce dernier en ajoutant de l'eau qui le précipite sur le champ. Le poids de ce corps est à peu près égal à celui de l'iode employé. Cet iodhydrate ainsi préparé ne serait pas assez pur ; il faut encore le distiller avec du chlorure de calcium et du massicot en grand excès. On fait cette distillation au bain-marie.

Cet iodhydrate pur est incolore, faiblement combustible ; il ne brûle bien que dans la flamme d'une lampe et répand alors des vapeurs violettes très abondantes. Sa densité est égale à 2,237 à la température de 22° c. Il entre en ébullition à 40 ou 50°.

Son analyse n'offrait aucune difficulté ; on l'a faite par les moyens connus.

0,905 ont donné 0,182 eau et 0,296 acide carbonique ; soit en centièmes :

Carbone.....	9,0
Hydrogène.....	2,2
Iode.....	88,8
	100,0

Cette analyse conduit précisément à la formule $C^4 H^6 I^2$ que la théorie des éthers indiquait d'avance. Ainsi l'iodhydrate de méthylène doit être formé de

4 at.	carbone.....	153,05	ou bien	8,65
6	hydrogène.....	37,50		2,12
2	iode.....	1579,50		89,23
Iodhydrate de méthylène..		1770,05		100,00
1 at.	méthylène.....	178,05	ou bien	10,06
1	acide iodhydrique...	1592,00		89,94
Iodhydrate de méthylène..		1770,05		100,00

Digitized by Google

La densité de la vapeur de l'iodhydrate de méthylène est également d'accord avec celle que l'analogie indiquait; l'expérience donne 4,883.

En supposant que l'iodhydrate de méthylène soit formé d'un volume de méthylène et d'un volume d'acide iodhydrique condensés en un seul, on aurait :

1 vol. acide iodhydrique..	4,3920
1 vol. méthylène.....	0,4904
	4,8824

Nous n'avons pas cherché à produire le bromhydrate de méthylène. Plus loin on verra comment le bisulfhydrate et le cyanhydrate de ce corps ont été obtenus.

Action des oxacides sur l'esprit de bois.

Quand on fait agir les oxacides sur l'esprit de bois, on donne naissance à deux sortes de produits : les uns, véritables sels neutres, correspondent aux éthers composés formés par l'alcool; les autres, véritables sels acides, correspondent à l'acide sulfovinique ou à l'acide phosphovinique.

Les premiers sont parfaitement neutres, s'obtiennent plus aisément que les corps correspondans produits par l'alcool et renferment tous un atome de méthylène, un atome d'acide et un atome d'eau. Ils sont plus volatils et plus stables que les composés alcooliques correspondans.

Pour établir exactement la théorie de ces combinaisons, il suffit d'en examiner une seule avec détail, et nous avons choisi de préférence une combinaison tout à

Digitized by Google

fait neuve, le sulfate neutre de méthylène, qui n'a pas d'analogue dans la série de l'alcool, au moins dans l'état de pureté où nous l'avons obtenu. Les faits que nous avons eu occasion d'observer à son égard se reproduiraient pour plusieurs des combinaisons analogues, mais le temps nous a manqué pour constater toutes ces propriétés accessoires.

Sulfate de méthylène.

A l'occasion de la préparation de l'hydrate de méthylène, nous avons dit qu'il se produit une liqueur huileuse pendant l'action de l'acide sulfurique sur l'esprit de bois. Cette liqueur reparaît dans la distillation du sulfométhylate de baryte. Nous avons cherché à nous procurer ce produit en quantité convenable pour l'analyse.

La méthode la plus simple pour l'obtenir consiste à distiller une partie d'esprit de bois avec huit ou dix parties d'acide sulfurique concentré. Dès que l'ébullition commence, on voit arriver dans le récipient un liquide oléagineux mêlé d'une liqueur méthylique. Bientôt la liqueur oléagineuse devient très abondante, et quand la distillation est terminée, la quantité de ce liquide est au moins égale à la quantité d'esprit de bois employée. Le mélange acide doit être distillé avec lenteur, mais par une ébullition soutenue. Quand on prend cette précaution, on peut pousser le feu sans crainte à la fin de la distillation; il n'y a pas de boursoufflement.

Le liquide oléagineux, séparé par décantation du liquide aqueux ou méthylique, est agité avec un peu d'eau,

Digitized by Google

puis avec un peu de chlorure de calcium. On le rectifie ensuite à plusieurs reprises sur de la baryte caustique en poudre très fine. Enfin, il est bon de le mettre dans le vide avec de l'acide sulfurique concentré et de la potasse.

Ce liquide oléagineux peut contenir des traces d'acide sulfurique, de l'acide sulfureux, de l'eau, de l'esprit de bois, et on conçoit aisément, d'après cela, à quoi chacune des purifications précédentes est destinée. Le lavage à l'eau enlève l'acide sulfurique, le chlorure de calcium s'empare de l'eau, la baryte est destinée à séparer l'acide sulfureux; enfin, le vide complète au besoin la purification en séparant l'esprit de bois ou même un peu d'acide sulfureux qui aurait échappé à la baryte.

Le produit huileux qui reste après ces divers traitemens est incolore, d'une odeur alliacée, d'une densité de 1,324 à 22° c. Il bout à 188° c. sous la pression de 0,761, sans altération.

Voici les détails de l'analyse de ce produit :

I. 0,446 d'une matière purifiée par le vide seul ont donné 0,310 acide carbonique et 0,189 eau.

II. 0,663 d'un autre produit distillé deux fois sur la baryte ont donné 0,465 acide carbonique et 0,289 eau.

Il résulte de ces diverses expériences que ce corps renferme :

	I.	II.
Carbone.....	19,2	19,2
Hydrogène....	4,7	4,8

Ces résultats conduisent à la formule suivante : $H^2 O$, $C^4 H^4$, $S O^3$, qui représente le véritable sulfate de mé-

Digitized by Google

thylène, c'est-à-dire le sulfate neutre de méthylène avec une proportion d'eau. Elle donnerait en effet :

C	153,04	19,3
H^6	37,50	4,7
O	100,00	»
SO^3	501,16	»
	791,70	

Ou bien, en rapportant le calcul à la formule rationnelle :

1 at.	méthylène.....	178,05	22,4
1	acide sulfurique...	501,16	64,5
1	eau.....	112,50	13,1
		791,71	100,0

Nous avons essayé de prendre la densité de la vapeur du sulfate de méthylène, et quoiqu'une petite portion de la vapeur ait formé dans le ballon des taches brunes qui indiquaient un peu d'altération, nous croyons que le résultat n'a pu en être influencé de manière à tromper sur la vraie condensation des élémens de ce corps. L'expérience donne 4,565.

D'après la formule admise précédemment on aurait :

$\frac{1}{3}$ de vol. de vapeur de soufre..	2,2285
4 vol. oxigène.....	4,4104
4 vol. carbone.....	1,6864
6 vol. hydrogène	0,4128
	8,7381

En admettant qu'il en résulte deux volumes de sulfate

Digitized by Google

de méthylène, on aurait donc $\frac{8,7501}{2} = 4,369$, nombre assez rapproché de celui que l'expérience donne pour qu'il n'y ait pas d'hésitation sur la réalité de ce mode de condensation, d'autant plus remarquable qu'il n'avait été rencontré que dans l'éther oxalique ordinaire.

Le sulfate neutre de méthylène peut non seulement se distiller sans altération, mais il supporte sans se décomposer une température de 200°, ce qui est assurément fort remarquable.

Il est décomposé lentement par l'eau froide et très rapidement par l'eau bouillante qui le détruit sur-le-champ avec un violent dégagement de chaleur; le sulfate disparaît tout entier sans produire aucune nouvelle huile; il se forme de l'acide sulfométhylique et du bihydrate de méthylène qui se régénère.

Comme on l'a vu plus haut, il est absolument sans action sur la baryte caustique. La baryte hydratée, et en général les alcalis hydratés ou dissous, le décomposent au contraire avec la plus grande facilité. Quand on met en contact, par exemple, une dissolution de potasse caustique avec ce sulfate, il se développe sur-le-champ une grande quantité de chaleur; le sulfate disparaît tout entier, laissant à sa place du sulfométhylate de potasse et de l'esprit de bois.

Ainsi, dans cette réaction, l'eau est fixée pour produire l'esprit de bois régénéré.

Cette action si nette des alcalis dissous, ainsi que l'analyse, établissent entre le sulfate neutre de méthylène et le sulfate neutre d'hydrogène carboné de Sérullas une différence qui pourrait surprendre si elle n'était discutée. On sait que la matière de Sérullas ne contient qu'un

Digitized by Google

demi-atome d'eau; la nôtre en renferme un atome; on sait aussi que la matière de Sérullas traitée par la potasse donne un carbure d'hydrogène huileux; la nôtre n'en fournit point.

Ces différences sont fort grandes, mais nous sommes fondés à dire que la substance de Sérullas n'est autre chose qu'un mélange variable d'un sulfate d'hydrogène carboné analogue au nôtre et d'un carbure d'hydrogène huileux que Sérullas se bornait à isoler quand il croyait le produire.

Ce point sera soumis à une discussion plus approfondie, et, si nous en parlons ici, c'est seulement pour montrer comment s'évanouissent une à une les objections élevées contre la théorie des éthers.

Le sulfate de méthylène présente des propriétés fort importantes en ce qu'elles permettent de produire à son aide toutes les combinaisons analogues du méthylène.

Chauffé avec du sel marin fondu, il se forme du sulfate de soude et du chlorhydrate de méthylène gazeux qui se dégage.

Chauffé avec du fluorure de potassium, il fournit du fluorhydrate de méthylène gazeux que nous ferons connaître bientôt.

En le chauffant avec du cyanure de mercure ou du cyanure de potassium, on produit du sulfate de potasse ou du sulfate de mercure, et en même temps du cyanhydrate de méthylène qui se recueille à l'état liquide.

En le distillant sur du benzoate de potasse on obtient du benzoate de méthylène.

En le chauffant avec du formiate de soude bien sec, on obtient du formiate de méthylène.

Digitized by Google

Enfin, en le mettant en contact avec les sulfures alcalins saturés, nous avons obtenu un corps liquide analogue au mercaptan de M. Zeise.

Azotate de méthylène.

Le composé dont il s'agit n'est probablement autre chose, en effet, qu'une combinaison d'acide azotique, de méthylène et d'eau, dans les rapports qui se présentent soit pour le sulfate, soit pour les autres corps analogues. Dans la série de l'alcool, on ne connaît pas de combinaison correspondant à celle-ci, comme si l'azotate d'hydrogène bicarboné n'ayant pu résister aux causes qui tendent à le détruire, s'était converti en azotite. L'esprit de bois donnant toujours naissance à des combinaisons plus stables que l'alcool, l'azotate de méthylène était un composé possible. Mais de ce que l'azotate d'hydrogène bicarboné ne peut pas se produire, on devait présumer que l'azotate de méthylène serait facile à détruire. En effet, il détonne à une température peu élevée, quand il est en vapeur, et avec une violence dont nous avons été successivement victimes. On nous pardonnera donc si nous ne donnons qu'une étude incomplète de ce corps intéressant à tant de titres.

L'azotate de méthylène s'obtient difficilement par l'action directe de l'acide azotique sur l'esprit de bois. Celle-ci ne donne d'abord rien de remarquable; mais vers la fin de l'opération on obtient quelques vapeurs rouges, de l'azotate de méthylène et une certaine quantité d'acide formique. On réussit, au contraire, fort bien en traitant l'azotate de potasse par un mélange d'esprit de bois et d'acide sulfurique. L'appareil est composé

Digitized by Google

d'une grande cornue tubulée, d'un récipient tubulé, qui communique avec un flacon renfermant de l'eau salée et entouré d'un mélange réfrigérant, enfin d'un tube propre à conduire les gaz dans une cheminée.

Dans la cornue, on met 50 gr. de nitre en poudre, et on y ajoute un mélange fait immédiatement de 100 gr. d'acide sulfurique et 50 gr. esprit de bois.

La réaction favorisée par la température initiale de ce mélange commence de suite, et s'accomplit d'elle-même, sans le secours de la chaleur. On voit peu de vapeurs rouges dans les appareils. Il se forme au contraire beaucoup d'une matière éthérée, qui se condense en partie dans le récipient et en partie dans le flacon refroidi.

Quand la réaction est terminée, on verse la liqueur du récipient dans le flacon, et l'on obtient ainsi au fond du flacon, une couche épaisse et incolore du nouvel éther. Pour le purifier, il faut le décanter, puis le distiller à plusieurs reprises sur un mélange de massicot et de chlorure de calcium. La distillation doit se faire dans un bain d'eau bouillante.

Le mélange indiqué plus haut fournit au moins 50 gr. du nouveau composé.

Ce produit n'est pas pur, et renferme évidemment plusieurs corps différens. En effet, quand on le distille, le point d'ébullition d'abord à 60°, s'élève peu à peu à 66°, et s'y maintient sans variation ultérieure.

La partie qui se distille entre 60 et 63°, exhale une odeur d'acide hydrocyanique très marquée. Nous l'avons peu étudiée et nous ne serions pas surpris qu'elle fût essentiellement formée de formiate de méthylène.

Quant au produit qui bout à 66°, c'est le plus abon-

Digitized by Google

dant et évidemment le plus pur. Nous le considérons provisoirement comme de l'azotate de méthylène.

Ce corps est incolore, d'une densité de 1,182 à la température de 22°. Il bout à 66°, exhale une odeur faible et éthérée. Il est parfaitement neutre. Il brûle brusquement et avec une flamme jaune.

Quand on en met quelques gouttes dans un tube, et qu'on chauffe celui-ci, le liquide entre bientôt en vapeurs et détonne avec force si l'on continue à chauffer. Si la vapeur est renfermée dans une ampoule, elle détonne avec violence par l'approche d'un corps en combustion; et si on opère dans un ballon d'un quart de litre, l'explosion expose à de graves accidens.

Le hasard nous a mis dans le cas d'observer ces divers phénomènes, en cherchant à prendre la densité de la vapeur de ce corps. Une ampoule, d'un demi-centimètre cubique, en détonnant, a crevé un fort creuset de platine qui la renfermait. Un ballon de 200 centimètres cubes, plein de vapeur, a brisé une épaisse bassine de fonte où on le chauffait au bain-marie, au moment où l'on essayait d'en fermer la pointe effilée au moyen de la flamme d'une lampe à alcool.

L'azotate de méthylène n'est donc pas un corps qui puisse être manié sans précaution. Tant qu'il est liquide, il paraît sans danger, mais sa vapeur, à une température qui ne dépasse guère 150°, détonne avec une violence singulière.

On conçoit facilement, d'ailleurs, pourquoi ce corps détonne. En effet, il renferme un acide de l'azote, de l'hydrogène et du carbone, c'est-à-dire des élémens analogues à ceux de la poudre à canon.

Digitized by Google

Les produits de la détonnation consistent en gaz nitreux, gaz carbonique et eau.

Ces circonstances rendent l'étude de ce corps difficile : d'ailleurs le procédé qui nous a réussi pour sa préparation, fournit un produit évidemment complexe, et formé de corps d'une volatilité considérable et à peu près égale. Aussi, sommes-nous loin d'être fixés sur la nature du corps dont il s'agit ; en le considérant comme un composé d'acide azotique, de méthylène et d'eau, nous exprimons l'opinion la plus vraisemblable, celle qui nous paraît résulter de l'ensemble de nos observations ; tout en reconnaissant que ce sujet exige de nouvelles recherches. On en jugera d'ailleurs par la discussion de nos analyses.

Bien que ce corps soit explosif à un haut degré, on peut, chose singulière, en faire l'analyse en le brûlant à la chaleur rouge par l'oxide de cuivre, comme s'il s'agissait d'un produit organique quelconque. Seulement l'analyse marche par saccades, et ne se conduit qu'avec difficulté. Mais à voir l'énergie avec laquelle détonne la vapeur pure, on devait s'attendre à voir voler le tube en éclats, ce qui n'est jamais arrivé.

Mais, comme l'analyse, ainsi exécutée, nous a paru manquer d'exactitude, nous avons pris le parti de mettre dans le tube et côte à côte deux ampoules ; l'une renfermant le corps à analyser, l'autre contenant une quantité connue d'esprit de bois. Quelquefois nous avons analysé la matière, après l'avoir mêlée d'une quantité connue et à peu près égale d'esprit de bois. La combustion s'opère alors avec une régularité satisfaisante, mais

Digitized by Google

on a bien de la peine à éviter la présence de l'acide nitreux.

Nous avons déterminé l'azote, en mettant la matière dans une ampoule bouchée avec de la cire. On expulsait l'air des appareils, en dégageant de l'acide carbonique au moyen du carbonate de plomb ; on recueillait tous les produits de la combustion dans une dissolution de potasse : enfin, en dégageant de nouveau de l'acide carbonique, on chassait tout l'azote restant dans le tube.

C'est en opérant ainsi que nous avons obtenu successivement :

Carbone....	19,2	18,2	18,5	18,1	17,7
Hydrogène..	4,9	4,7	4,3	4,0	4,2
Azote.....	17,2	17,2	»	»	18,2
Oxigène....	58,7	59,9	»	»	59,9
	100,0	100,0			100,0

Le calcul pour l'azotate de méthylène donne :

C^4.....	153,0	15,8
H^6	37,5	3,8
Az^2.....	177,0	18,3
O^6.....	600,0	62,1
	967,5	100,0

formule qui se laisserait décomposer en celle-ci : $Az^2 O^5$, $C^2 H^4$, $H^2 O$.

Les deux dernières analyses ont été faites sur des produits qui distillaient sans variation à 66°, et qu'on avait rectifiés avec tout le soin possible : on voit néanmoins

Digitized by Google

que la quantité de carbone donnée par l'analyse diffère de 2 pour 100 de celle que le calcul indique.

La densité de la vapeur de ce corps, prise par le procédé de M. Gay-Lussac, s'accorde néanmoins avec cette formule : il est vrai que nous ne l'avons prise qu'une seule fois, nous étant blessés successivement tous les deux, en cherchant à la répéter. Nous avons obtenu les résultats suivans :

0,737 matière,
327 cm. cub. de vapeur,
100° température de la vapeur,
0,084 élévation de la colonne de mercure dans la cloche,
0,770 baromètre ;

Ce qui donne :

3,434 poids du litre,
2,640 densité de la vapeur.

Le calcul fournit :

2 vol.	azote.....	1,9340
4	carbone....	1,6500
6	oxigène....	6,6156
6	hydrogène..	0,4128
		10,6124

$$\frac{10,6124}{4} = 2,653$$

C'est-à-dire exactement le résultat donné par l'expérience qui précède.

On serait confirmé dans l'opinion que ce corps est de l'azotate de méthylène en considérant sa décomposition par la potasse. Quand on en chauffe, en effet, une cer-

Digitized by Google

taine quantité avec une dissolution alcoolique de potasse, il s'opère une décomposition rapide, et la dissolution se remplit de cristaux de nitre faciles à reconnaître. La formation de ce sel ne peut s'expliquer dans l'hypothèse d'un éther azoteux. Elle ne serait compréhensible, qu'en supposant qu'il se produit par la destruction d'un corps particulier, de la nature des amides, qui en décomposant l'eau, donnerait de l'acide azotique et de l'esprit de bois. Ce corps serait représenté par $Az^2\ O^4$, $C^4\ H^3$, $H^3\ O$, ou bien par un azotate anhydre de méthylène. Mais d'après le calcul, il devrait fournir :

17,8 carbone,
2,9 hydrogène,
20,7 azote,
58,6 oxigène.

Nombres qui s'écartent encore plus que les précédens des résultats de nos analyses.

L'existence de l'éther azoteux est d'ailleurs également inadmissible d'après les analyses : car cet éther serait formé de

C^4.....	153,0	19,9
H^6.....	37,5	4,8
Az^2....	177,0	23,0
O^4.....	400,0	52,3
	767,5	100,0

On concevra maintenant pourquoi nous avons considéré le corps qui nous occupe comme formé probablement d'azotate de méthylène, quoiqu'il soit évident que

Digitized by Google

ce sujet exige de nouvelles recherches. Mais si cette opinion se confirmait, il deviendrait intéressant de chercher dans la série alcoolique l'éther azotique correspondant ; les procédés si variés qui fournissent l'éther azoteux et les différences que ce corps a offertes, font présumer que cette recherche ne serait pas infructueuse.

Oxalate de méthylène.

C'est le premier composé de cette classe que nous ayons obtenu. Son étude a fixé nos idées sur la véritable nature de l'esprit de bois que nous soupçonnions déjà d'après nos expériences sur l'hydrate de méthylène et sur le sulfate double de baryte et de méthylène.

Pour obtenir l'oxalate de méthylène, il faut distiller un mélange de parties égales d'acide sulfurique, d'acide oxalique et d'esprit de bois. On obtient dans le récipient une liqueur spiritueuse qui, exposée à l'air, s'évapore bientôt en laissant un résidu cristallisé en belles lames rhomboïdales. A mesure que la distillation avance, la quantité de ce produit cristallisable augmente. A la fin, les liqueurs obtenues se prennent en masse.

Quand la distillation est terminée, on laisse refroidir la cornue et on y ajoute une partie d'esprit de bois. On distille de nouveau avec les mêmes résultats.

Les cristaux provenant de ces deux distillations étant bien égouttés sur un filtre, on les purifie en les fondant au bain d'huile pour les dessécher et en les distillant sur du massicot sec pour les débarrasser d'acide oxalique.

Le produit définitif est l'oxalate de méthylène pur.

Ce corps est incolore, d'une odeur analogue à celle de

Digitized by Google

l'éther oxalique ordinaire. Il fond vers 51° et bout à 161° sous la pression 0,761. Il cristallise en rhombes.

L'oxalate de méthylène se dissout dans l'eau froide et se détruit bientôt dans la dissolution, surtout à chaud, en se changeant en acide oxalique et esprit de bois. La dissolution la plus récente de ce corps précipite l'eau de chaux sur-le-champ.

Il se dissout dans l'alcool et dans l'esprit de bois mieux à chaud qu'à froid.

Les alcalis hydratés le détruisent rapidement et forment des oxalates et de l'esprit de bois.

Les bases anhydres, au moins l'oxide de plomb, ne l'altèrent nullement.

L'ammoniaque sec le convertit en un produit nouveau qui sera décrit plus loin.

L'ammoniaque liquide se comporte avec lui comme avec l'éther oxalique et le change en oxamide en vertu de la réaction suivante :

$$C^4 O^3, H^4 C^4, H^2 O + Az^2 H^6 = C^4 O^2, Az^2 H^4 + C^4 H^4, H^4 O^2,$$

qui montre que tout le méthylène de l'oxalate est repassé à l'état d'esprit de bois.

L'oxalate de méthylène soumis à l'analyse par les méthodes ordinaires nous a donné les résultats suivans :

	I.	II.	III.
Carbone.....	41,0	41,0	41,24
Hydrogène ..	5,1	5,5	5,24
Oxigène.....	53,9	53,5	53,52
	100,0	100,0	100,00

Digitized by Google

On est conduit par ces résultats à la formule brute $C^8 H^6 O^4$, ou bien à la formule rationnelle $H^2 O$, $C^4 H^4$, $C^4 O^3$; celle-ci donnerait en effet :

8 at.	carbone.....	306,10	ou bien	41,18
6	hydrogène.....	37,50		5,04
4	oxigène.....	400,00		53,78
		743,60		100,00
1 at.	méthylène.....	178,05	ou bien	23,95
1	acide oxalique..	453,05		60,92
1	eau.....	112,50		15,13
		743,60		100,00

Acétate de méthylène.

On obtient facilement et en abondance cet acétate en distillant deux parties d'esprit de bois avec une partie d'acide acétique cristallisable et une partie d'acide sulfurique du commerce. Le produit obtenu est mis en contact avec une dissolution de chlorure de calcium qui en sépare de suite une abondante liqueur éthérée et légère contenant beaucoup d'acétate de méthylène.

Comme il renferme encore un peu d'acide sulfureux et d'esprit de bois, on l'agite avec de la chaux vive et on le laisse en digestion pendant vingt-quatre heures avec du chlorure de calcium qui s'empare de l'esprit de bois. L'acétate de méthylène reste pur. Il renferme :

Carbone.....	49,2
Hydrogène.....	8,3
Oxigène.....	42,5
	100,0

Digitized by Google

Ces résultats conduisent à une formule fort simple $C^3 H^3 O$ ou $C^{12} H^{12} O^4$, qui se laisse décomposer en $H^2 O$, $C^4 H^4$, $C^8 H^6 O^3$, formule analogue à celle de l'éther acétique ordinaire. On trouve en effet par le calcul

12 at.	carbone.....	459,10	ou bien	49,15
12	hydrogène.....	75,00		8,03
4	oxigène.....	400,00		42,82
1	acétate de méthylène..	934,10		100,00
1 at.	méthylène.....	178,05	ou bien	19,06
1	acide acétique.....	643,55		68,90
1	eau.....	112,50		12,04
1	acétate de méthylène.	934,10		100,00

Il n'échappera à aucun chimiste exercé que l'acétate de méthylène est isomérique avec l'éther formique ordinaire, comme on le voit dans les formules qui suivent :

Acétate de méthylène $C^{12} H^{12} O4 = C4 H4, H^2 O, C^8 H^6 O^3$,

Éther formique..... $C^{12} H^{12} O4 = C^8 H^8, H^2 O, C4 H^2 O^3$.

L'acétate de méthylène offre d'ailleurs le même mode de condensation que l'éther acétique ordinaire, chaque atome de ce corps correspondant à quatre volumes de vapeur.

En effet on a trouvé par expérience que la densité de sa vapeur est égale à 2,563.

Cette densité étant calculée serait représentée par

Digitized by Google

12 vol. de carbone.....	5,0592
12 vol. hydrogène.....	0,8256
4 vol. oxigène.....	4,4104
	10,2952

$$\frac{10,2952}{4} = 2,5738$$

L'acétate de méthylène est un liquide incolore, éthéré, d'une odeur très agréable, qui rappelle celle de l'éther acétique. Il bout à la température de 58° c. sous la pression de 0,762. Sa densité est d'environ 0,919 à la température de 22°.

Formiate de méthylène.

Nous avons obtenu cet éther en distillant un mélange d'environ parties égales en poids de sulfate de méthylène et de formiate de soude bien sec. Il est probable qu'on pourrait également le préparer au moyen du formiate de soude, de l'esprit de bois et de l'acide sulfurique en quantité convenable; cependant nous n'avons pas réussi.

Sa production au moyen du formiate de soude et du sulfate de méthylène, ne présente d'ailleurs aucune difficulté. En chauffant légèrement, on détermine la réaction, la température s'élève bientôt d'elle-même, et l'on voit ruisseler sur les parois de la cornue un fluide très volatil qu'il faut recueillir dans un récipient bien refroidi. Cette matière consiste en formiate de méthylène presque pur; en chauffant davantage, il passe à la fin de la distillation un peu de sulfate de méthylène qui n'a pas réagi.

On distille le produit obtenu sur une nouvelle quantité de formiate de soude, et enfin seul, dans une cor-

Digitized by Google

nue sèche, au bain-marie. On obtient ainsi le formiate de méthylène d'une pureté parfaite. Il est très volatil, moins dense que l'eau, d'une odeur éthérée peu agréable.

Nous avons fait trois analyses de ce corps, en ayant soin d'opérer sur des produits provenant d'opérations distinctes. Ces analyses nous ont donné les résultats suivans :

Carbone.....	40,7	40,7	40,6
Hydrogène...	6,9	6,8	6,8
Oxigène.....	52,4	52,5	52,6
	100,0	100,0	100,0

Ces résultats conduisent à la formule brute $C^8 H^8 O^4$, laquelle se décompose en la formule rationnelle $C^4 H^6 O^3$, $C^4 H^4$, $H^2 O$, qui représente ce corps comme l'analogue de l'éther formique de l'alcool. Le calcul donne en effet :

8 at.	carbone.....	306,0	40,5
8	hydrogène.....	50,0	6,6
4	oxigène.....	400,0	52,9
	formiate de méthylène...	756,0	100,0

1 at.	méthylène.....	178,05 ou bien	22,2
2	acide formique.....	465,50	61,6
1	eau.....	112,50	16,2
		756,05	100,0

Le formiate de méthylène présente d'ailleurs, de même que l'acétate, une isomérie remarquable ; il a la

Digitized by Google

même composition que l'acide acétique hydraté : $C^8\ H^6\ O^3, H^2\ O$.

La densité de la vapeur du formiate de méthylène déterminée par l'expérience est égale à 2,084.

On aurait par le calcul :

$$\begin{aligned} C^3 \ldots\ldots &\ 3{,}3728 \\ H^3 \ldots\ldots &\ 0{,}5504 \\ O^4 \ldots\ldots &\ 4{,}4104 \\ \hline & 8{,}3336 \end{aligned} \qquad \frac{8{,}3336}{4} = 2{,}0834$$

Ces nombres sont semblables et prouvent que le mode de condensation du formiate est le même que celui de l'acétate.

Benzoate de méthylène.

On obtient ce benzoate en distillant deux parties d'acide benzoïque, deux parties d'acide sulfurique, une partie d'esprit de bois, et précipitant par l'eau le produit de la distillation. En redistillant à deux ou trois reprises le résidu de la première opération avec de nouvelles quantités d'esprit de bois, on obtient de nouvelles portions de benzoate de méthylène. Le produit brut obtenu par la précipitation au moyen de l'eau ayant été lavé à deux ou trois reprises, on l'agite avec du chlorure de calcium, on le décante et on le distille sur du massicot sec. Enfin on le fait bouillir jusqu'à ce que son point d'ébullition se fixe. Il doit arriver à 198° environ.

Ainsi préparé, le benzoate a donné les résultats :

Digitized by Google

Carbone.....	71,4
Hydrogène.....	6,2
Oxigène.....	22,4
	100,0

Ces nombres conduisent à la formule brute $C^8 H^4 O$ qui est fort simple, mais qu'il faut représenter véritablement par $C^{32} H^{16} O^4$, ou mieux par $C^{28} H^{10} O^3$, $C^4 H^4$, $H^2 O$, qui est analogue à la formule de l'éther benzoïque commun.

Voici les résultats indiqués par le calcul :

32 at.	carbone.....	1224,35	ou bien	71,00
16	hydrogène.....	100,00		5,80
4	oxigène.....	400,00		23,20
1	benzoate de méthylène	1724,35		100,00
1 at.	méthylène.....	178,05	ou bien	10,33
1	acide benzoïque.....	1433,80		83,15
1	eau.....	112,50		6,52
1	benzoate de méthylène.	1724,35		100,00

C'est encore du benzoate de méthylène que nous avons formé en essayant de distiller de l'hippurate de chaux avec de l'acide sulfurique et de l'esprit de bois. L'analyse de celui-ci a donné :

Carbone.....	71,1
Hydrogène.....	6,0
Oxigène.....	22,9
	100,0

Digitized by Google

Enfin, on se procure du benzoate de méthylène par une simple distillation d'un mélange de benzoate de soude bien sec et de sulfate neutre de méthylène. Le benzoate ainsi préparé ressemble aux produits précédens.

Ce benzoate est huileux, incolore, doué d'une odeur balsamique agréable; sa densité est égale à 1,10 à la température de 17° c. Il bout à 198°5, sous la pression de 0,761.

Il ne paraît pas soluble dans l'eau et se dissout au contraire fort bien dans l'esprit de bois ou les liqueurs alcooliques et éthérées.

La densité de sa vapeur fait voir que chaque atome correspond à quatre volumes de vapeur comme dans l'éther benzoïque ordinaire. L'expérience donne 4,717.

Calculée d'après la formule précédente, cette densité serait égale à

32 vol. vapeur de carbone..	13,4912
16 vol. hydrogène.....	1,1008
4 vol. oxigène.....	4,4104
	19,0024

$$\frac{19,0024}{4} = 4,7506$$

Ce qui s'accorde avec l'expérience de manière à ne laisser aucun doute sur le résultat.

Oxichlorocarbonate de méthylène.

Quand on fait arriver de l'esprit de bois dans un ballon rempli de gaz chlorocarbonique, la température s'élève beaucoup et la réaction se termine en quelques instans.

Digitized by Google

Elle fournit de l'acide chlorhydrique et de l'oxichlorocarbonate de méthylène qui se sépare sous la forme d'une huile pesante quand l'esprit de bois employé est un peu aqueux. Par l'addition de l'eau on achève sa précipitation.

Ce produit est séparé de l'eau par décantation. Il est ensuite rectifié au bain-marie sur un grand excès de chlorure de calcium et de massicot et digéré enfin à froid sur quelques fragmens de chlorure de calcium, si on craint qu'il n'y reste un peu d'esprit de bois mélangé.

0,402 de cet éther décomposés par la chaux incandescente ont fourni 0,597 de chlorure d'argent fondu.

0,273 du même ont donné 0,256 acide carbonique et 0,085 eau.

Ces résultats étant réduits en centièmes, on trouve

Carbone.....	25,9
Hydrogène.....	3,4
Chlore.....	36,6
Oxigène.....	34,1
	100,0

On est conduit par cette analyse à la formule brute $C^3 H^6 Ch^2 O^4$, qui peut se représenter par $H^6 O$, $C^4 H^4$, $C^4 O^3 Ch^2$, en considérant ce produit comme analogue à l'éther chlorocarbonique découvert par l'un de nous.

C^3.....	306,04	25,9
H^6.....	37,50	3,1
Ch^2.....	442,64	37,3
O^4.....	400,00	33,7
	1186,18	100,0

Digitized by Google

Ce nouveau corps prend naissance en vertu de la réaction suivante :

$$C^4 H^4, H^4 O^2 + C^4 O^2 Ch^4 = C^4 H^4, H^2 O, C^4 O^3 Ch^2 + Ch^2 H^2.$$

Un atome d'eau appartenant à l'esprit de bois est donc décomposé ; son oxigène se fixe sur l'acide chlorocarbonique pour y remplacer le chlore qui s'est converti en acide chlorhydrique. Le nouvel acide oxichlorocarbonique ainsi formé et l'hydrate de méthylène restant après la décomposition de l'eau de l'esprit de bois se trouvent précisément en proportion pour faire l'oxichlorocarbonate de méthylène.

Celui-ci est un liquide incolore, très fluide, d'une odeur pénétrante, très volatil et plus pesant que l'eau.

Il brûle avec une flamme verte.

Bisulfate de méthylène ou acide sulfométhylique.

Parmi les combinaisons du méthylène, il en est qui sont acides et qui correspondent aux acides sulfovinique et phosphovinique. Nous sommes loin d'avoir épuisé leur étude, ayant voulu dans ce premier travail nous borner à mettre hors de toute contestation leur existence et leur nature intime.

Quand on mélange de l'acide sulfurique concentré et de l'esprit de bois, il se dégage beaucoup de chaleur, et il se forme une grande quantité de bisulfate de méthylène ; quelquefois même par l'évaporation spontanée du mélange nous avons obtenu celui-ci à l'état cristallisé ;

Digitized by Google

mais il nous a été impossible de reproduire cette cristallisation à volonté.

Il est très facile au contraire de se procurer le bisulfate de méthylène au moyen du sulfate double de méthylène et de baryte. Ce sel étant dissous dans l'eau, on y ajoute peu à peu assez d'acide sulfurique pour précipiter la baryte d'une manière exacte, on filtre et on évapore la liqueur dans le vide. Quand elle a acquis l'état sirupeux, le bisulfate de méthylène cristallise en aiguilles blanches.

Ce corps est très altérable; dans le vide, il se détruit promptement en formant du gaz sulfureux.

Le bisulfate de méthylène est très acide. Il se dissout dans l'eau avec facilité, moins bien dans l'alcool.

Il forme des sels doubles avec toutes les bases minérales; ces sels sont tous solubles. Quand on décompose par la chaleur les sels alcalins, ils donnent du sulfate neutre de méthylène en grande quantité.

Le sulfate double de baryte et de méthylène cristallise avec une facilité et une régularité parfaite.

Celui de chaux est déliquescent.

Celui de potasse cristallise en lamelles nacrées.

Nous n'avons pas examiné les autres.

Sulfométhylate de baryte.

Nous avons supposé dans l'article précédent qu'on possédait déjà le sulfométhylate de baryte : nous allons maintenant nous en occuper. Rien de plus facile que la préparation de ce sel. Si on ajoute peu à peu une partie d'esprit de bois à deux parties d'acide sulfurique concentré, il se dégage une grande quantité de chaleur et la

Digitized by Google

liqueur renferme l'acide sulfométhylique. Rien n'empêche de la chauffer jusqu'à l'ébullition, mais la chaleur dégagée par le simple mélange suffit parfaitement pour produire le nouvel acide. En traitant la liqueur étendue d'eau par un léger excès de baryte, filtrant pour se débarrasser du sulfate de baryte, soumettant le liquide à l'action du gaz carbonique et filtrant de nouveau, on obtient le sulfométhylate de baryte pur et neutre.

On évapore d'abord la liqueur au bain-marie. Sur les bords de la capsule il se dépose du sulfate de baryte en petite quantité, comme si on évaporait du sulfovinate de baryte. Aussi, bien loin d'évaporer jusqu'au bout par la chaleur, faut-il dès que la concentration approche du point où la liqueur peut donner des cristaux placer la capsule dans une boîte avec de la chaux vive pour que l'évaporation se termine à froid.

Bientôt le sulfométhylate de baryte cristallise en belles lames carrées.

Les eaux-mères soumises à une nouvelle évaporation cristallisent avec la plus grande facilité jusqu'à la dernière goutte, en donnant toujours de belles lames d'une grande dimension.

Le sulfométhylate de baryte est incolore, d'une saveur fraîche; exposé à l'air, il s'y effleurit. Dans le vide, il s'effleurit plus rapidement encore et devient tout à fait opaque. Exposé à la chaleur, il décrépite et s'effleurit plus tard sans fondre. Une chaleur plus forte en dégage du gaz sulfureux, des gaz inflammables, de l'eau et du sulfate neutre de méthylène; il reste pour résidu du sulfate de baryte coloré par quelques traces de charbon. Chauffé à l'air libre, il exhale bientôt une vapeur qui

Digitized by Google

s'enflamme et laisse alors pour résidu du sulfate de baryte d'une blancheur parfaite.

L'analyse de ce sel n'a offert aucune difficulté, et on l'a faite par les moyens connus. Le sel analysé était en beaux cristaux séchés à l'air libre.

I. 0,750 ont donné par simple calcination 0,438 de sulfate de baryte; soit 58,4 pour 100.

II. 2,712 ont donné 1,587 de sulfate de baryte; soit 58,5 pour 100.

III. 1,000 brûlé par un mélange de nitre et de carbonate de soude a fourni 1,189 de sulfate de baryte.

IV. 1,500 donnent par la combustion au moyen de l'oxide de cuivre 0,350 eau et 0,331 acide carbonique, soit 6,10 carbone et 2,59 hydrogène pour 100.

V. 1,129 exposés à l'action du vide sec pendant quarante-huit heures, se sont réduits à 1,013. Comme le sel avait conservé sa forme, on a brisé les cristaux et on a remis la capsule dans le vide. Le lendemain le sel pesait encore 1,013 comme avant. La perte représente 10,2 pour 100 d'eau de cristallisation ou d'eau interposée.

En résumé, on a donc trouvé :

Sulfate de baryte.....	58,5
Acide sulfurique.....	20,4
Carbone.....	6,1
Hydrogène.....	1,5
Eau	10,2
Perte ou oxigène.....	3,3
	100,0

Il suit de là que la substance organique renfermée dans ce sel est composée de

Digitized by Google

Carbone.....	6,1	ou bien	55
Hydrogène....	1,5		13
Oxigène.....	3,3		32
	10,9		100

Ce qui se rapproche autant qu'on peut s'y attendre de la composition de l'hydrate de méthylène.

En définitive, cette analyse coïncide exactement avec les résultats qui seraient calculés d'après une formule analogue à celle du sulfovinate de baryte. Celle-ci appliquée au sulfométhylate deviendrait en effet $H^2\ O$, $C^4\ H^4$, $S\ O^3 + Ba\ O$, $S\ O^3 + H^4\ O^2$, c'est-à-dire en centièmes :

1 at.	sulfate de baryte..	1458,09	58,8
1	acide sulfurique..	501,16	20,2
4	carbone	153,04	6,1
6	hydrogène	37,50	1,5
1	oxigène.....	100,00	3,5
2	eau.....	225,00	9,9
		2474,79	100,0

On comprendra sur-le-champ et sans calcul, que si on ôtait un atome d'hydrogène de cette formule, les résultats qu'elle donne n'en seraient pas affectés. C'est pourtant le seul changement qu'elle éprouverait pour représenter une combinaison qui contiendrait l'esprit de bois de M. Liebig. Cette bizarrerie méritait d'être signalée et nous a beaucoup embarrassés, parce que le sulfométhylate de baryte est un des premiers composés du méthylène que nous ayons analysés.

Digitized by Google

Composés analogues aux amides.

Nous indiquerons enfin une nouvelle classe de corps analogues à ceux que l'un de nous a déjà désignés sous les noms d'oxaméthane et d'uréthane.

Ces corps se forment quand certains sels neutres de méthylène sont mis en rapport avec l'ammoniaque tantôt sèche, tantôt même liquide.

Nous avons produit facilement l'oxaméthylane et l'uréthylane qui correspondent à l'oxaméthane et à l'uréthane; mais nous avons trouvé de plus le sulfométhylane qui n'est pas connu dans la série de l'alcool.

Dans tous ces corps, l'ammoniaque a déplacé la moitié du méthylène qui est repassé à l'état d'esprit de bois, tandis que le reste des élémens du produit employé, en s'unissant à l'ammoniaque, forme le nouveau composé.

L'azotate, le benzoate, l'acétate de méthylène ne nous ont rien donné sous l'influence de l'ammoniaque, et nous avouons qu'en ce qui touche l'azotate, cette nullité d'action nous a surpris.

Sulfaméthylane.

Quand on dirige un courant de gaz ammoniaque sec dans le sulfate de méthylène pur, il ne tarde point à s'échauffer beaucoup, et il se convertit bientôt en une masse cristalline molle, qui consiste probablement en un mélange de sulfate non attaqué et de la matière que nous appellerons *sulfaméthylane*.

Pour obtenir celle-ci, il suffit de traiter le sulfate de

Digitized by Google

méthylène par l'ammoniaque liquide. En agitant les deux corps, il y a une action des plus vives, et tout le sulfate disparaît. Si on fait l'expérience sur huit ou dix grammes de sulfate, le dégagement de chaleur est si grand et l'action si brusque, qu'on voit le liquide s'élancer en masse hors du vase comme par une espèce d'explosion.

Le liquide entièrement miscible à l'eau qui reste après la réaction, étant évaporé dans le vide sec, fournit une cristallisation de sulfaméthylane en larges lames transparentes et fort belles. Malheureusement ce corps est déliquescent, ce qui rend la conservation des cristaux difficile; mais on les reproduit à volonté, et toujours d'un grand volume, en exposant la liqueur au vide sec pendant quelques heures.

Le sulfaméthylane se représente probablement par un atome de sulfate neutre et anhydre d'ammoniaque uni à un atome de sulfate neutre et anhydre de méthylène, ou bien par un atome de sulfate de méthylène hydraté uni à un atome de sulfamide; mais les analyses nous ont laissé quelques doutes; la déliquescence du composé les rend très difficiles.

Oxaméthylane.

Quand on dirige un courant de gaz ammoniaque sec sur l'oxalate de méthylène, il s'échauffe un peu, mais la réaction ne se détermine qu'autant qu'on maintient l'oxalate en fusion. Dans ce dernier cas, on le voit bientôt se concréter, quoiqu'on maintienne sa température

Digitized by Google

constante, et il se prend finalement en une masse blanche cristalline.

Repris par l'alcool bouillant, ce corps cristallise par le refroidissement ou l'évaporation en cubes à faces nacrées qui rappellent l'aspect de la substance extraite par M. Chevreul du bouillon de viande.

L'analyse de ce produit fait connaître sa nature et explique sa formation d'une manière très claire.

I. 0,307 de matière ont fourni 0,388 d'acide carbonique et 0,140 d'eau.

II. 0,273 ont donné 33 cent. cub. d'azote humide à 16° et 0,754 de pression.

Ces nombres conduisent aux résultats suivans :

Carbone.....	35,0
Hydrogène.....	5,0
Azote.....	13,9
Oxigène.....	46,1
	100,0

Il est facile de voir que cette analyse conduit à la formule brute $C^{12}\ H^{10}\ Az^{4}\ O^{8}$, qui, elle-même, se représente par la formule rationnelle $C^{4}\ O^{3}$, $H^{4}\ C^{4}$, $H^{2}\ O + C^{4}\ O^{2}$, $Az^{2}\ H^{4}$. On a donc ainsi un atome d'oxalate de méthylène et un atome d'oxamide, tout comme dans l'oxaméthane. C'est là ce qui nous a engagés à donner à ce nouveau produit le nom d'oxaméthylane qui rappelle cette analogie.

Voici la composition calculée de ce produit :

Digitized by Google

C^{12}.....	459,1	35,5
H^{10}.....	62,5	4,8
Az^2	177,0	13,6
O^6	600,0	46,1
	1298,6	100,0

Pour concevoir la formation de l'oxaméthylane, il faut admettre qu'il se produit de l'esprit de bois pendant l'action du gaz ammoniaque sur l'oxalate de méthylène, tout comme il se fait de l'alcool quand on fait agir ce gaz sur l'éther oxalique proprement dit, ainsi que l'un de nous l'a prouvé depuis long-temps conjointement avec M. Boullay. Ceci admis, on a l'équation suivante :

$$\underbrace{C^3\,O^5,\,H^3\,C^3,\,H^4\,O^2}_{\text{2 at. oxalate de méthylène.}} + \underbrace{Az^2\,H^6}_{\text{1 at. ammoniaque.}} = \underbrace{C^{12}\,H^{10}\,Az^2\,O^6}_{\text{1 at. oxaméthylane.}} + \underbrace{C^4\,H^8\,O^2}_{\text{1 at. esprit de bois.}}.$$

Quant à la constitution rationnelle de l'oxaméthylane, nous n'avons rien à ajonter à ce qu'on sait touchant l'oxaméthane.

L'oxaméthylane est soluble dans l'alcool bouillant.

Uréthylane.

Nous avons constaté seulement que le chlorocarbonate de méthylène se comporte comme l'éther oxichlorocarbonique quand on le met en contact avec l'ammoniaque liquide. Il se dégage beaucoup de chaleur, la matière disparaît, il se forme beaucoup de sel ammoniac et

Digitized by Google

un produit déliquescent, cristallisable en aiguilles, qui n'est probablement autre chose que l'uréthylane.

En résumé, nous pouvons, en quelques mots, caractériser les résultats de ce travail :

1° L'esprit de bois correspond à l'alcool.

2° En perdant la moitié de son eau, il forme un éther gazeux.

3° Son radical s'unit volume à volume aux hydracides pour faire des sels neutres et anhydres.

4° Il s'unit atome à atome aux oxacides pour faire des sels neutres toujours hydratés.

5° Il produit, avec les acides phosphorique et sulfurique, des bisels qui dissolvent les bases minérales pour former des sels doubles.

En terminant l'exposé de ces longues recherches, on nous pardonnera si nous nous permettons quelques réflexions au sujet des matières que nous venons d'étudier.

Il demeure évident maintenant que la théorie des éthers est une de celles qui rencontreront en chimie organique des applications fréquentes et précises. Il ne l'est pas moins que la chimie organique lui doit ce caractère de précision inconnu jusqu'alors, qui permet, dans une série de phénomènes très compliqués, de tout prévoir, de tout expliquer et de tout soumettre au calcul. S'il était resté quelques doutes à ce sujet après les premiers travaux sur ces éthers, ils devraient disparaître quand on voit que l'esprit de bois nous offre une série de composés exactement parallèle à celle de l'alcool commun.

Si, comme nous l'admettons, le méthylène $C\,H_2$,

Digitized by Google

l'hydrogène bicarboné $C^2 H^2$, et le carbure d'hydrogène $C^4 H^4$, sont des combinaisons isomériques, leur étude et celle des composés qu'elles produisent promet à la chimie et à la physique les résultats les plus importans.

Jamais plus belle occasion ne s'est présentée pour reconnaître l'influence du nombre des atomes ou de leur condensation sur la formation des combinaisons chimiques ou sur les caractères physiques des corps. Nous avons là, en effet, trois substances distinctes formées par les mêmes molécules, condensées comme les nombres 1, 2, 4, qui sont entre eux dans les rapports les plus simples qu'on puisse imaginer.

Ces isoméries ne sont pas les seules qu'on puisse indiquer comme résultant de cette nouvelle série de composés. On a déjà vu que l'hydrate de méthylène est isomère avec l'alcool proprement dit. L'oxalate de méthylène est isomère avec l'acide succinique; le formiate avec l'acide acétique; l'acétate avec l'éther formique de l'alcool.

Enfin, le carbonate de méthylène serait isomérique avec l'acide citrique, et le citrate de méthylène serait de son côté isomérique avec le sucre, ce qui promet de curieux rapprochemens quand ces corps nous seront connus.

On peut déjà apprécier tout l'intérêt de cette étude en pesant les considérations suivantes :

1° Le méthylène paraît plus stable que l'hydrogène bicarboné; celui-ci l'est plus que le carbure d'hydrogène.

2° Le carbure d'hydrogène est plus liquéfiable que l'hydrogène carboné, et tout porte à croire que ce dernier le serait plus que le méthylène.

Digitized by Google

3° Les combinaisons du méthylène sont plus stables que celles de l'hydrogène carboné, et à peu près dans le même rapport.

4° Les combinaisons du méthylène sont plus volatiles que celles de l'hydrogène carboné, et l'on pourrait peut-être calculer, d'après quelques unes d'entre elles, la différence qui doit séparer les autres.

Note sur la théorie du méthylène.

Dans le mémoire, qu'on vient de lire, on a supposé l'existence d'un radical particulier, qu'il nous a été impossible d'extraire, jusqu'à présent, dans un état parfait de pureté. Pour les personnes au courant de la théorie des éthers, il sera évident, du reste, que son existence ne fait rien à la question, puisque celle de l'hydrogène bicarboné, qui est incontestable, ne lève aucune des difficultés dont cette théorie est l'objet.

Dans le travail publié par M. Boullay et l'un de nous sur les éthers composés de l'alcool, on a établi que ces corps sont des sels analogues aux sels ammoniacaux, et qu'on peut y considérer comme base, soit l'hydrogène bicarboné, soit l'éther sulfurique lui-même, ce qui donne les formules suivantes, en prenant l'éther oxalique comme exemple,

$$C^4\ O^3,\ H^8\ C^3,\ H^2\ O,$$
$$C^4\ O^3,\ H^{10}\ C^8\ O.$$

Dans le premier cas, le sel est hydraté; dans le second, il est anhydre.

La plupart des chimistes et ceux même qui se sont

Digitized by Google

spécialement livrés à l'étude de la chimie organique, ont repoussé pendant long-temps ces idées ; enfin, ils les ont admises.

Aujourd'hui, cependant, la théorie des éthers est encore l'objet de discussions, sur lesquelles il est nécessaire de s'expliquer pour en finir et pour rendre la théorie du méthylène parfaitement claire.

En France, nous regardons généralement l'ammoniaque $Az^2 H^6$, comme une base. Or, l'analogie des éthers et des sels ammoniacaux étant admise, nous devons regarder aussi l'hydrogène bicarboné comme une base, et par suite admettre un radical tel que le méthylène, dans la série nouvelle que nous venons de faire connaître.

M. Berzélius, au contraire, suppose que l'ammoniaque n'est point une base par elle-même. Reprenant un point de vue proposé dès long-temps par M. Ampère, pour expliquer la formation des amalgames ammoniacaux, il admet l'existence d'un métal composé $Az^2 H^8$, qui se rencontrerait dans toutes les combinaisons ammoniacales, qu'il nomme ammonium, et qu'il ne faut pas confondre avec le radical de ce nom qu'il admettait autrefois.

Conséquemment, M. Berzélius est porté à supposer dans les éthers, dont il admet l'analogie avec les composés ammoniacaux, un radical analogue à l'ammonium, et qui aurait pour formule $C^8 H^{10}$. L'éther est un oxide de ce radical et se représente par $C^8 H^{10} O$; c'est lui qui joue le rôle d'une base analogue à la potasse.

Ainsi, M. Berzélius représente les composés éthérés de la manière suivante :

Digitized by Google

$C^8\ H^{14}$ radical inconnu,
$C^8\ H^{10}\ O$ éther,
$C^8\ H^{10}\ O + H\ O$ alcool,
$C^8\ H^{10}$, Ch^2 éther hydrochlorique,
$C^8\ H^{10}$, $O + C^4\ O^3$ éther oxalique, etc.

C'est-à-dire qu'il admet l'une des hypothèses proposées par M. Boullay et l'un de nous dans leur mémoire sur les éthers composés, où l'on pose en fait qu'on peut considérer l'éther comme une base, les éthers comme des sels de cette base, et l'alcool comme un hydrate d'éther.

Les mêmes idées pourraient s'appliquer aux combinaisons du méthylène, et l'on serait conduit à supposer encore un radical analogue à l'ammonium, qui aurait pour formule $C^4\ H^6$. On remplacerait par suite, les formules données dans ce mémoire, par les suivantes :

$C^4\ H^6$ radical inconnu,
$C^4\ H^6$, O éther de l'esprit de bois,
$C^4\ H^6$, $O + H^2\ O$ esprit de bois,
$C^4\ H^6$, Ch^2 chlorure que nous avons nommé hydrochlorate de méthylène,
$C^4\ H^6$, $O + C^4\ O^3$ oxalate d'éther correspondant à l'oxalate de méthylène, etc.

Ces exemples suffisent pour montrer que les formules que nous avons données pourraient toutes éprouver de semblables transformations.

Ainsi, l'analogie déjà établie entre les composés ammoniacaux et les éthers de l'alcool, se reproduit en ce qui touche les composés de l'esprit de bois. Mais les

Digitized by Google

difficultés qui divisent les chimistes sur la théorie des combinaisons ammoniacales ne sont levées ni par l'étude des composés alcooliques ni par celle des composés de l'esprit de bois.

Chacun peut donc, dans l'état des choses, admettre l'existence d'un certain nombre de métaux composés, pour remplacer l'ammoniaque, le gaz hydrogène bicarboné, le méthylène, et même l'hydrogène phosphoré, la naphtaline, l'essence de citron, l'essence de copahu, l'essence de térébenthine, etc., dans les combinaisons que produisent ces corps.

Chacun peut aussi voir avec nous, dans toutes ces substances, des corps qui jouent le rôle de base par elles-mêmes, sans recourir à des hypothèses nouvelles.

Tout se réduit à un seul point, en définitive. En admettant ces radicaux métalliques composés, on évite la supposition des hydrochlorates ou sels analogues, et on les remplace par des chlorures. Dans le cas contraire, il faut admettre qu'il existe véritablement des hydrochlorates formés par toutes les bases hydrogénées. Mais si la théorie de l'ammoniaque nous a laissés dans le doute, celle des chlorures et des hydrochlorates est trop obscure encore pour nous en sortir.

Nous terminerons cette discussion, en faisant observer que le gaz que nous avons considéré comme du méthylène ne paraît pas soluble dans l'eau, et qu'il n'est point alcalin. Nous remarquerons de plus que les sels du méthylène résistent, comme les éthers, aux réactions les plus ordinaires des sels minéraux. Ainsi le sulfate est sans action sur les sels de baryte, l'oxalate ne précipite pas les sels de chaux, l'hydrochlorate ne trouble pas les

Digitized by Google

sels d'argent, etc. Dans le mémoire déjà cité sur les éthers composés, on a fait ressortir ces mêmes caractères, sans se laisser arrêter par eux.

Il est constant que tous ces corps résistent aux réactions chimiques, ou ne les éprouvent que d'une manière lente et imparfaite, dans la plupart des cas.

Comme cette objection a été reproduite plusieurs fois, nous croyons devoir indiquer une explication proposée par M. Ampère, à qui la chimie doit tant d'heureux aperçus.

Il attribue à la faculté non conductrice de l'électricité des carbures d'hydrogène ou des composés qu'ils forment, cette résistance qui les caractérise. On sait, en effet, que toute action chimique détermine des mouvemens électriques, et l'on conçoit que si la conductibilité est très imparfaite, les mouvemens moléculaires nécessaires à l'action chimique devront être par suite plus ou moins lents et quelquefois même nuls.

Nous remarquerons pourtant que parmi les combinaisons éthérées connues aujourd'hui, il en est une, le sulfate de méthylène, qui, à l'aide d'une chaleur douce, produit des phénomènes de double décomposition tout à fait comparables à ceux que les sels proprement dits nous présentent.

En résumé, les chimistes qui attachent quelque importance aux lois de composition des corps n'hésiteront guère sans doute à adopter les vues que nous avons admises. A mesure que la science s'agrandit, les particularités doivent perdre de leur importance et s'effacer devant les caractères tirés de la constitution même des corps, les seuls qui ne puissent changer.

Digitized by Google

Note historique sur l'esprit de bois.

Pour éviter toute confusion dans l'esprit du lecteur, nous n'avons voulu, dans le cours de ce mémoire, ni rapporter, ni discuter les idées et les analyses, qu'on a émises ou publiées sur l'esprit de bois. Nous donnerons ici un sommaire des recherches dont ce corps a été l'objet.

La découverte de l'esprit de bois est due à M. Philips Taylor, dont le séjour prolongé en France nous a permis d'apprécier les rares talens. Il trouva l'esprit de bois en 1812, mais il ne publia ses observations à ce sujet qu'en 1822, et encore d'une manière occasionelle, dans une lettre adressée aux rédacteurs du *Philosophical journal*.

M. Dobereiner venait d'annoncer qu'il avait trouvé de véritable alcool dans les produits de la distillation du bois; M. Taylor observe que le fluide particulier désigné comme alcool lui ressemble en effet sous beaucoup de rapports, mais qu'il en diffère par des qualités essentielles : comme lui il est volatil, inflammable et miscible à l'eau; comme lui il dissout le camphre et les gommes résines : il peut le remplacer dans quelques applications industrielles, mais soumis à l'action de l'acide sulfurique concentré, il ne fournit point d'éther sulfurique. M. Taylor le regarde donc comme un produit particulier qu'il désigne sous le nom d'éther pyroligneux.

Les observations de M. Philips Taylor sont de la plus parfaite exactitude, et nous avons reproduit sans peine l'esprit de bois avec toutes les qualités qu'il lui assigne.

Digitized by Google

Divers auteurs se sont occupés ensuite du même sujet. M. Colin (*Annales de Chimie et de Physique*, t. XII, p. 206) crut trouver quelque analogie entre ce corps et l'esprit pyroacétique. MM. Macaire et Marcet (*Bibliothèque universelle*, t. XXIV, p. 126) lui assignèrent des propriétés qui semblaient le rapprocher des huiles essentielles. M. Gmelin dans son *Traité de Chimie*, et M. Berzélius dans le sien, ont l'un et l'autre rapporté quelques observations qui leur sont personnelles au sujet de ce corps.

Ce qui frappe le plus dans ces divers travaux, c'est la confusion évidente qui a été faite entre deux corps dont l'un est l'esprit de bois véritable et l'autre quelque huile pyrogénée insoluble dans l'eau. On conçoit à peine que tant d'écrivains n'aient émis à cet égard que des opinions vagues dans le temps même où l'esprit de bois constituait déjà en Angleterre un produit commercial.

Nous voudrions nous borner à cet énoncé des travaux qui ont précédé le nôtre, car il nous reste à rappeler un Mémoire de M. Liebig, dont les résultats s'éloignent au plus haut degré de ceux que nous avons observés.

Mais comme par l'interprétation bien gratuite que M. Liebig donnait à son analyse de l'esprit de bois, il arrivait à rapprocher ce corps de l'éther sulfurique et par suite de l'alcool, on pourrait croire qu'il existe quelque ressemblance entre nos travaux; pour prouver le contraire, il nous suffira de citer les résultats de M. Liebig.

En distillant le vinaigre de bois, il obtient de l'esprit de bois très impur, coloré par une matière analogue à de la poix, et mêlé d'une huile empyreumatique plus

Digitized by Google

volatile que l'esprit de bois lui-même, et dont il pense qu'on ne le sépare jamais complétement par les méthodes connues.

M. Liebig opère cette séparation en rectifiant d'abord l'esprit de bois et en le saturant ensuite de chlorure de calcium. En effet, l'esprit de bois, de même que l'esprit de vin, dissout une quantité notable de chlorure de calcium. L'huile empyreumatique se sépare et se rassemble à la surface du liquide : il est alors facile de l'enlever. Enfin, M. Liebig distille le liquide restant au bain-marie avec la précaution de recueillir à part la première portion; la liqueur qui passe ensuite à la distillation est de l'esprit de bois pur, qu'il débarrasse de toute l'eau qu'il contient n le rectifiant à plusieurs reprises sur de nouveau chlorure de calcium, jusqu'à ce que le point d'ébullition soit constant.

L'esprit de bois, ainsi préparé par M. Liebig, est incolore, fluide, d'une odeur pénétrante d'éther, d'une saveur poivrée piquante; il bout à 60° c.; sa pesanteur spécifique est de 0,804 à 18°. Il brûle avec une flamme bleue peu brillante. M. Liebig a fait six analyses de l'esprit de bois; les deux premières lui ont donné :

Carbone.....	48,0
Hydrogène.....	11,7
Oxigène.....	40,3
	100,0

Mais ayant fait subir à ce produit une nouvelle rectification sur le chlorure de calcium, les nouvelles analyses ont fourni :

Digitized by Google

Carbone.....	54,7
Hydrogène.....	11,1
Oxigène.....	34,2
	100,0

Résultat qui s'interprète à peu près par la formule $C^8 H^{10} O^2$.

M. Liebig pense avec M. Berzélius qu'il faut considérer cette formule comme étant celle d'une sorte d'éther oxigéné, $C^8 H^{10} O + O$.

De l'existence de ce prétendu oxide d'éther, M. Liebig tirait la conséquence que la théorie qui assimile l'hydrogène carboné à l'ammoniaque devait être rejetée.

Ainsi M. Liebig purifie l'esprit de bois en le saturant de chlorure de calcium qui en sépare une huile, et il le distille ensuite sur du chlorure de calcium. Ce procédé nous a toujours fort mal réussi. Nous n'avons jamais vu se séparer d'huile, et nous avons toujours vu la dissolution de chlorure de calcium se boursouffler à la distillation et passer en écume, de manière à la rendre impraticable dans la plupart des cas. Enfin, le chlorure de calcium, même dans un bain-marie bouillant, retient tant d'esprit de bois, que l'on perd la majeure partie de ce produit.

Cependant, et quoique ce procédé doive être rejeté, nous avouerons que nous ne savons comment expliquer la différence énorme qui existe entre l'analyse de M. Liebig et la nôtre.

Quant à l'usage que M. Liebig a fait de cette analyse pour attaquer la théorie des éthers, nous demanderons en quoi il importait à cette théorie que parmi les nom-

Digitized by Google

breuses matières organiques analysées on pût en trouver une ayant pour formule brute $C^8 H^{10} O^2$ à peu près? Connaissait-on le poids atomique de cette matière? Avait-on établi par quelque fait sa connexion avec l'alcool ou l'éther?

On n'avait rien fait ni rien essayé dans cette direction; on s'était contenté d'une formule qui, après tout, ne prouvait rien, puisqu'elle pouvait tout aussi bien représenter dans la théorie que nous admettons un oxide hydraté d'hydrogène carboné $C^8 H^8 O$, $H^2 O$, qu'un oxide d'éther $C^8 H^{10} O^2$.

Ainsi l'analyse de l'esprit de bois par M. Liebig, même quand elle aurait été parfaite, ne suffisait en rien pour établir la formule rationnelle de ce corps, et cet exemple fera sentir toute la nécessité d'avoir le plus grand égard aux propriétés chimiques ou physiques des matières dans l'interprétation de leurs analyses, sous peine de tomber dans les plus graves erreurs.

Il est bien clair, par ce qui précède, que M. Taylor a parfaitement connu l'esprit de bois, et que les chimistes qui sont venus après lui n'ont rien ajouté à son histoire. Les uns l'ont rapproché de l'alcool, les autres des éthers ou des huiles volatiles; personne n'y a vu un nouvel alcool formé à la manière de l'alcool commun, mais par un nouveau radical. Personne n'a établi qu'entre ce corps et l'alcool il existe des relations comme celles que l'on observe entre la soude et la potasse, par exemple dans la chimie minérale, et cette base de notre travail nous paraît véritablement nouvelle.

Digitized by Google

Sur la Force électro-chimique de la pile ;

Par M. Charles Matteucci.

La théorie de la force électro-motrice de Volta, attaquée depuis son origine par Fabroni, Wollaston, Michelotti, Avogadro, n'a pu, dans ces derniers temps, résister aux découvertes remarquables de MM. Becquerel et de La Rive. Il était pourtant intéressant de soumettre la nouvelle doctrine chimique à l'examen de certaines conséquences, auxquelles il est impossible de se refuser, et dont le résultat aurait fini par entraîner une conviction générale. C'est à la suite de quelques expériences tentées toujours avec les très petits moyens qui sont à ma disposition, que j'ai cru convenable de publier ce Mémoire. La mesure de la force électro-chimique était obtenue par moi en faisant passer le courant électrique par une solution de nitrate d'argent. Deux lames de platine, plongées toujours de la même quantité de surface dans la solution métallique, étaient destinées à recueillir le métal réduit et séparé par la force électro-chimique. La solution avait constamment la même densité ; nous verrons cependant que cette condition ne m'a pas paru nécessaire pour obtenir des résultats constans. La lame de platine chauffée d'avance était pesée, et c'est en dissolvant ensuite l'argent avec de l'acide nitrique très pur, et en la pesant après, que j'étais sûr de connaître la quantité de métal séparée. Dans quelques cas, j'ai vérifié ces données en faisant l'analyse du nitrate d'ar-

Digitized by Google

gent obtenu, et cela par les moyens ordinaires. C'est enfin à la méthode très connue par les célèbres travaux de MM. Gay-Lussac et Thenard, que j'ai eu recours dans quelques cas, pour déterminer l'action électro-chimique, en recueillant l'hydrogène et l'oxigène dégagés.

Le premier résultat auquel je suis parvenu peut s'exprimer de la manière suivante : *Une quantité donnée d'un métal quelconque, dissoute par un acide quelconque plus ou moins rapidement, suivant le degré de concentration de l'acide, la température du dissolvant, etc., développe toujours une quantité égale de force électro-chimique, tandis que l'action galvanométrique est très variable.* Certainement, les expériences que j'ai tentées pour établir ce principe ne sont ni assez variées, ni assez nombreuses, telles qu'on aurait le droit de prétendre; il aurait même fallu recourir à la mesure de l'électricité de tension développée : elles sont cependant, j'espère, assez claires et précises pour en tirer cette conclusion générale. J'ai commencé par construire de petites piles avec des lames de cuivre ou de platine et des lames de zinc soudées ou liées ensemble; c'est, en général, de quatre de ces couples que mes piles se composaient. Dans toutes celles-ci, la quantité de zinc était égale, comme l'était celle du cuivre ou du platine. Les deux dernières lames étaient en communication avec les lames de platine plongées dans le nitrate d'argent dont j'ai parlé. Dans d'autres cas, c'est avec des fils d'or qu'elles l'étaient : c'est quand j'ai fait usage de la mesure des volumes des gaz développés. On n'a donc qu'à faire fonctionner ces petites piles toutes égales avec des solutions d'acide sulfurique d'une densité variable, jus-

Digitized by Google

qu'à ce que les lames de zinc soient complétement détruites. L'action de l'acide se prolonge plus ou moins suivant son degré de concentration : on peut aussi l'accélérer ou la retarder en chauffant d'avance le mélange liquide ou en le refroidissant; on ne cesse pourtant, dans toutes ces actions chimiques différentes, qui donnent à l'aiguille du galvanomètre une direction très variable, double, triple, etc., d'obtenir sur la lame *pôle* de platine une quantité égale d'argent réduit et séparé. Une pile égale a été aussi composée avec un même poids de zinc, mais pris, dans ce cas, d'une lame plus mince; la surface en était plus étendue au moins d'un tiers, et l'action électro-chimique n'en a pas été par là moins égale qu'avec les autres. Certainement, dans le même temps, une plus grande surface développe une action électro-chimique plus forte, par la raison qu'une plus grande quantité de métal est plus tôt [illegible]outé.

Il est, dans quelques cas, très convenable, pour bien se convaincre de cette vérité, de recourir à l'analyse de la solution acide, qu'on a fait agir sur le zinc.

Il est même possible d'employer une pile ordinaire, et il n'y a alors qu'à verser à différentes reprises la même quantité d'acide sulfurique; il faut seulement attendre chaque fois, avant de peser l'argent, que l'action de l'acide soit épuisée sur le zinc. Du reste, ce n'est pas avec cette méthode qu'on peut espérer des résultats toujours constans; et l'oxidation variable de la surface, le peu d'homogénéité des grosses lames en rendent bien raison. Des piles de platine et de cuivre également petites comme celles de zinc, immergées dans l'acide nitrique plus ou moins dilué, m'ont donné des résultats semblables. En

Digitized by Google

faisant aussi varier la quantité de zinc dissous dans les premières piles, ou en variant la quantité d'acide dans les ordinaires, j'ai obtenu des forces électro-chimiques mesurées par le métal séparé, presque toujours proportionnelles à la quantité de zinc détruite. Que la densité de la solution métallique décomposée ne soit pas un élément nécessaire pour la constance des résultats, j'ai eu occasion de le voir quelquefois; de sorte qu'après une première décomposition, j'en ai poursuivi une seconde sans renouveler la solution, en ayant toujours la même quantité de métal séparée : du reste, cela mériterait un examen particulier.

Il est aisé de voir que, quoique suivant ce principe, la *quantité* d'électricité développée par une même quantité de métal dissous (positif) soit la même, la vitesse du courant n'en est pas moins variable en raison de la surface du métal, de la force de l'acide, etc.; et, puisque l'action électro-chimique se maintient constante, tandis que, au contraire, l'effet galvanométrique varie, il faut en conclure que la première dépend de la quantité d'action chimique, et le second de l'intensité de cette même action. Il y a cependant bien des cas dans lesquels ces deux forces deviennent à la fois sensibles; de la même manière qu'une quantité donnée d'acide, quoiqu'elle puisse toujours se combiner et se neutraliser par une autre quantité constante de base, n'en prend plus qu'une partie s'il est dissous dans une grande quantité d'eau. Reste encore à découvrir de quelle manière ces deux élémens se composent et agissent ensemble.

Le second résultat est celui-ci : *En faisant passer par différentes solutions métalliques le courant électrique*

Digitized by Google

développé par une certaine action chimique, les quantités des métaux réduites et séparées dans ces différentes solutions sont variables, et, quelles que soient leurs densités relatives, elles sont toujours dans le même rapport que les équivalens chimiques de ces mêmes métaux. L'expérience est très simple dans ce cas : elle consiste uniquement à faire passer le courant d'une pile quelconque dans différentes solutions métalliques mises en communication entre elles par des lames de platine plongées d'une quantité égale de surface : on obtient ainsi, en faisant usage, par exemple, de solutions de cuivre et d'argent, deux quantités de ces métaux, dont l'une, celle de l'argent, est à peu près quatre fois plus forte que celle du cuivre. Ce résultat se maintient, quoiqu'on fasse varier la densité de la solution de cuivre; ce qui est aussi une raison de plus pour ne pas admettre la densité des solutions décomposées, comme un élément dont dépend la quantité de leurs décompositions.

Voilà enfin le troisième et dernier résultat auquel je suis parvenu, et qui peut bien être regardé comme la conséquence nécessaire des deux autres : *En disposant en pile différens métaux, de manière que leurs quantités décomposées soient dans le même rapport que leurs équivalens chimiques, on obtient une action électro-chimique égale.* J'ai combiné pour cela des lames très petites de plomb et de cuivre avec des lames de platine; ces dernières étaient égales en poids, les autres étaient dans le rapport des équivalens des deux métaux. De petites piles étant ainsi disposées, c'est à l'aide de l'acide nitrique que je suis parvenu à dissoudre ces lames de cuivre et de plomb. La quantité d'argent séparée, c'est-à-dire la force élec-

Digitized by Google

tro-chimique, a été égale dans ces deux cas. Je ne cesse certainement d'ajouter qu'il aurait bien fallu donner à ces expériences une plus grande extension ; mais, comme cela m'était impossible, il ne me reste plus qu'à intéresser les savans à les poursuivre et à les vérifier dans un plus grand nombre de cas. Il m'est cependant impossible de ne pas en tirer des conséquences remarquables : la première est que, quand il nous sera donné de recueillir toute l'électricité dégagée par une certaine action chimique, nous verrons cette électricité avoir pour mesure de sa force électro-chimique une quantité soit de métal, soit d'hydrogène, etc., équivalant chimiquement à celle du métal décomposé. Ce sera alors que nous n'aurons plus de l'action chimique et de l'électricité voltaïque qu'une seule chose. Cette totalité de décomposition est celle que M. Gay-Lussac nous a fait voir depuis long-temps dans l'action des métaux en nature sur d'autres solutions métalliques. Qu'on cesse donc de nous parler de force électro-motrice : le métal attaqué répand dans le liquide l'électricité développée, qui, recueillie par l'autre, lui revient, et ainsi de suite.

Florence, octobre 1834.

Digitized by Google

Sur les Tremblemens de terre des Andes ;

Par M. Boussingault.

La fréquence des tremblemens de terre dans les montagnes de l'Amérique méridionale a frappé d'étonnement tous les voyageurs qui les ont parcourues. Il est rare que l'on puisse séjourner pendant quelques années dans les Andes, sans assister à quelques calamités, occasionées par les secousses souterraines. Des villes populeuses détruites de fond en comble ; des torrens arrêtés dans leur cours par l'éboulement des montagnes ; des lacs qui se dessèchent, tandis que d'autres apparaissent, là où il n'y en avait jamais eu ; enfin, des éruptions boueuses, comme celles de la Moya de Pelileo, qui ensevelissent des villages entiers.

Il faut avoir ressenti un violent tremblement de terre, dans une des villes capitales situées sur le dos des Cordillières, pour se former une idée exacte de l'état moral d'une population nombreuse, lorsqu'elle est subitement saisie d'une terreur commune. L'exaltation religieuse va quelquefois jusqu'à la démence.

Dans la nuit du 16 au 17 juin 1826, lors du terrible tremblement qui agita le sol de la Nouvelle-Grenade, c'est-à-dire une surface de terrain de plus de trente mille lieues carrées d'étendue, la population de Santa-Fé de Bogota présentait le spectacle le plus triste qu'il soit possible d'imaginer. On rencontrait dans les rues, sur les places publiques des hommes, des femmes qui se

Digitized by Google

confessaient à haute et intelligible voix ; des enfans naturels retrouvaient des parens qui les avaient méconnus jusqu'alors ; des vols commis depuis long-temps étaient restitués. C'était une réunion imposante, que cette multitude, priant avec ferveur pour apaiser le ciel ; et il y avait quelque chose de lugubre dans les cris de douleur qui s'élevaient de toutes parts, lorsqu'une forte ondulation se faisait sentir de nouveau, comme pour annoncer que les prières n'avaient point été exaucées. Durant cette nuit de deuil, je me livrai avec attention à des observations météorologiques ; mais ce fut en silence et en lieu de sûreté, car il n'est pas toujours permis à un physicien de consulter impunément ses instrumens, lorsqu'il se trouve en présence d'une multitude ignorante et superstitieuse.

L'état météorologique de l'atmosphère ne présenta au reste rien de particulier ; les variations horaires du baromètre, si régulières entre les tropiques, se succédèrent sans interruption ; mais la boussole de variation diurne démontra par l'oscillation perpétuelle de l'aiguille aimantée, que le sol était dans un mouvement presque continuel, bien que les secousses qui ébranlaient les édifices fussent les seules qui aient été généralement aperçues.

Lorsque le calme fut rétabli, les renseignemens arrivèrent de toutes les directions ; on put dès lors constater qu'aucun des volcans de la Nouvelle-Grenade n'avait fait éruption. Cette circonstance s'est répétée un grand nombre de fois ; il est, à la vérité, bien connu que les éruptions du Vésuve et de l'Etna sont toujours accompagnées de violentes secousses souterraines. Je n'ignore

Digitized by Google

pas non plus qu'en Amérique, lorsque le Cotopaxi, le Tunguragua, le Cumbal, projettent les matières bouenses qui leur sont propres, ils remuent aussi fortement le sol environnant; mais ce que je veux établir ici, c'est que les tremblemens de terre les plus mémorables du Nouveau-Monde, ceux qui ont ruiné les villes de Latacunga, Rio-Bamba, Honda, Caraccas, Laguayra, Mérida, Barquisimeto, etc., etc., dans lesquels plus de cent mille personnes ont perdu la vie, c'est que ces tremblemens de terre n'ont coïncidé avec aucune éruption volcanique bien constatée. Dans les Andes, l'oscillation du sol, due à une éruption, est pour ainsi dire locale, tandis qu'un tremblement de terre qui, en apparence du moins, n'est lié à aucune éruption volcanique, se propage à des distances incroyables; et, dans ce cas, on a remarqué que les secousses suivaient de préférence la direction des chaînes de montagnes. Le tremblement qui détruisit Caraccas, en 1812, exerça son action suivant la direction de la Cordillière orientale des Andes, en renversant comme des châteaux de cartes, toutes les villes situées dans cette direction. On a observé dans l'Amérique du sud, que les tremblemens de terre se font principalement ressentir dans les terrains montagneux; la cause qui les produit paraît agir d'une manière si constante, qu'il y a tout lieu de présumer que si l'on enregistrait dans les endroits peuplés de l'Amérique tous les tremblemens de terre qui s'y font sentir, on trouverait probablement que la terre tremble presque sans interruption.

Cette fréquence de mouvemens dans le sol des Andes, et le peu de coïncidence que l'on remarque entre ces

Digitized by Google

mouvemens et les éruptions volcaniques, doivent nécessairement faire présumer qu'ils sont, dans le plus grand nombre de cas, occasionés par une cause indépendante des volcans. J'ai souvent réfléchi sur cette cause, et je me suis enfin arrêté à l'hypothèse suivante qui me semble avoir en sa faveur quelques faits importans.

J'attribue la plupart des tremblemens de terre des Andes, à des éboulemens qui ont lieu dans l'intérieur de ces montagnes; en un mot, je vois leur origine dans un véritable tassement qui s'opère dans les Cordillières. Ces tassemens des chaînes sont évidemment une conséquence de leurs soulèvemens. Mais, pour faire concevoir nettement ma pensée, je dois dire comment je conçois le soulèvement des Andes. Je ne saurais admettre que le massif, qui constitue ces montagnes gigantesques, ait été soulevé à l'état pâteux; tous les faits tendent au contraire à établir que le soulèvement n'a eu lieu qu'après la solidification des roches; j'admets par conséquent que le relief des Andes se compose de fragmens de toutes dimensions, entassés pêle-mêle les uns sur les autres. La masse trachytique qui forme près de l'équateur la base des Cordillières, a d'abord été fracturée, puis soulevée à l'état fragmentaire, à la hauteur énorme à laquelle nous la trouvons. Je dis que le trachyte était solide lors du soulèvement, parce que rien, absolument rien, n'indique qu'il fût à l'état mou; tous les angles de ces énormes blocs sont aigus, souvent même tranchans; ensuite, là où le trachyte a percé et soulevé des couches de schiste argileux comme au Tunguragua, ou du micaschiste quartzeux comme à l'Antisana, on ne voit nulle part un déversement de la roche soulevante sur la roche soulevée.

Digitized by Google

La consolidation des fragmens de roches cristallines, qui me paraissent constituer en réalité le noyau de la chaîne des Andes, n'a pu être tellement stable dès le principe, qu'il n'y ait eu des tassemens immédiatement après le soulèvement; aussi admettra-t-on sans trop de difficultés que les plus hautes chaînes de notre globe sont aujourd'hui moins élevées qu'elles ne l'étaient au moment même où elles venaient d'être soulevées.

Les mouvemens intérieurs qui ont lieu dans les masses fragmentaires d'une chaîne, doivent tendre à diminuer la hauteur de ses pics les plus élevés, et cela de deux manières; d'abord par le tassement proprement dit qui tend à niveler les montagnes, et ensuite par la chute des crêtes qui est une conséquence du mouvement de la masse entière. C'est ainsi que la tradition indienne a conservé le souvenir de l'éboulement de la fameuse montagne nommée le Capac-Urcu, située près Rio-Bamba; dans l'origine, cette montagne, comme l'indique son nom, était le *chef*, *le capitaine*, en un mot, la plus élevée de toutes celles qui avoisinent l'équateur. Une secousse souterraine, qui eut lieu à une époque antérieure à la découverte de l'Amérique, fit écrouler sa partie supérieure, et aujourd'hui le Capac-Urcu est bien moins haut que le Chimborazo. Les fragmens trachytiques qui formaient le sommet conique de cette célèbre montagne, sont aujourd'hui répandus dans la plaine, et c'est au milieu de ces débris que l'on peut se convaincre que les hautes cimes des Andes sont formées par des fragmens de roches amoncelés.

Ces tassemens des Cordillières, qui ont dû être si communs immédiatement après leurs soulèvemens, se con-

Digitized by Google

tinuent encore de nos jours. Je n'hésite pas à leur attribuer la plupart des grandes commotions souterraines qui ébranlent si souvent les montagnes : c'est encore par eux que j'explique ces bruits sourds qui accompagnent toujours les tremblemens de terre, bruit que les montagnards américains désignent dans leur langage expressif par le nom de *bramidos* (rugissemens). Ce bruit est aussi connu des mineurs, car c'est celui qui se fait entendre lorsqu'il se fait des éboulemens considérables dans l'intérieur des travaux souterrains.

Si réellement les tremblemens de terre sont occasionés dans beaucoup de cas par un tassement des masses soulevées, les chaînes de montagnes, dans lesquelles ce phénomène se répète avec fréquence, doivent tendre à s'abaisser ; c'est ce qui paraît avoir lieu dans les Cordillières. Il y a, en effet, plusieurs raisons pour penser que ces montagnes diminuent de hauteur. Il y a un siècle que les académiciens français, qui se trouvaient à Quito pour exécuter les opérations relatives à la détermination de la figure de la terre, étaient très embarrassés dans leur station de Guaguapichincha, par la neige qui encombrait leur signal. Depuis assez long-temps on n'aperçoit plus de neige sur ce pic.

L'élévation du volcan de Puracé, près Popayan, a été déterminée par Caldas, il y a bientôt trente ans.

J'ai mesuré de nouveau ce volcan en 1832, et j'ai trouvé une hauteur moindre que celle indiquée par ce savant infortuné ; cette différence pourrait être due à des erreurs d'observation ; mais les habitans de Popayan ont fait à ce sujet une remarque bien importante ; c'est que la limite inférieure de la neige qui recouvre le Pu-

Digitized by Google

racé, s'élève graduellement. Or, si la ligne de la limite inférieure de la neige s'est élevée, ce n'a pu être que par deux raisons, ou parce que la température moyenne de la contrée est augmentée, ou bien parce que la montagne neigeuse s'est réellement abaissée. On n'a aucune raison à Popayan pour admettre une augmentation dans la température moyenne; celle que j'ai trouvée en 1832 coïncide avec celle donnée par Caldas trente ans auparavant. Il est donc présumable que le Puracé s'est abaissé. Je trouve, en comparant le résultat de mes observations barométriques à ceux de Caldas et de Humboldt, une hauteur moindre pour Quito, Popayan, Santa-Fé de Bogota et la métairie d'Antisana. Si ces différences de résultats étaient dues uniquement à des erreurs d'observation, il serait difficile de concevoir comment ces erreurs auraient agi constamment dans le même sens. Les nombreuses hauteurs barométriques, que j'ai recueillies dans les Cordillières, depuis le douzième degré de latitude nord, jusqu'au cinquième degré latitude sud, permettront un jour, lorsqu'elles auront été répétées par les voyageurs futurs, de résoudre d'une manière complète l'importante question dont j'ai l'honneur d'entretenir la société.

L'affaissement des montagnes très élevées n'a en définitive rien qui puisse répugner à notre esprit. Le fait bien constaté de l'exhaussement du sol solidifié de la Scandinavie, exhaussement qui se fait pour ainsi dire sous nos yeux, présente un fait bien plus étonnant et bien plus difficile à expliquer.

Une conséquence de l'hypothèse que je propose, c'est que les tremblemens de terre devraient être d'autant

Digitized by Google

plus fréquens dans une chaîne de montagnes, qu'elle aurait été soulevée plus récemment. Je ne connais pas assez l'Europe pour savoir si quelques montagnes, sujettes aux tremblemens de terre, ont varié dans leur élévation. Toutefois, un illustre observateur, M. de Humboldt, croit avoir reconnu en 1823, que depuis 1804, le Vésuve s'était affaissé d'environ 30 mètres. Il serait extrêmement intéressant d'avoir quelques nouvelles mesures de l'Etna. J'ai l'espérance que ce vœu sera bientôt réalisé, car deux des plus célèbres géologues de l'époque actuelle, MM. de Buch et Élie de Beaumont, explorent en ce moment ce volcan.

Sur l'Isomérie de l'Acide phosphorique;

PAR M. THOMAS GRAHAM,

Professeur de chimie à Glasgow.

On sait que l'acide phosphorique ordinaire, aussi bien que plusieurs de ses sels, éprouvent par la calcination un changement dans leurs propriétés qui a excité une grande attention de la part de tous les chimistes. Le phosphate de soude ordinaire est un sel qui s'effleurit facilement, possède une réaction fortement alcaline, qui, d'après son analyse, contient 2 atomes de soude pour 1 atome d'acide, mais donne avec les sels d'argent un précipité jaune, dont la composition ne correspond pas au sel de soude, ainsi qu'on devrait s'y attendre, car il con-

Digitized by Google

tient 3 atomes d'oxide d'argent au lieu de deux. En outre, cet acide phosphorique dissout le blanc d'œuf coagulé, et ne précipite pas l'albumine récente.

Mais l'acide qui a été calciné fournit avec la soude un sel tout différent, qui renferme beaucoup moins d'eau de cristallisation, ne s'effleurit pas, et dont la dissolution n'a point une réaction alcaline. Le même sel se produit lorsqu'on calcine le phosphate de soude ordinaire : l'acide et le sel calcinés ont reçu le nom, l'un d'acide pyrophosphorique, l'autre de pyrophosphate de soude. Une dissolution de ce dernier agit sur les sels d'argent tout différemment que le phosphate ordinaire; le pyrophosphate d'argent n'est plus jaune, mais blanc; il ne contient pas 3 atomes d'oxide d'argent comme le jaune, mais 2 seulement; et, par conséquent, ce précipité a une composition proportionnelle au sel de soude.

On a de plus observé que l'acide pyrophosphorique, au lieu de dissoudre l'albumine, la coagule au contraire en flocons blancs et épais.

Voilà où en sont les expériences que l'on a faites sur ces changemens de propriétés.

On n'a pas trouvé la moindre différence dans l'analyse des deux acides, et il était naturel d'imaginer que ces anomalies devaient être attribuées à une disposition particulière des atomes déterminée par l'action de la chaleur.

Les amples et exactes recherches de M. Graham, ne laissent point de doute sur la cause véritable, et cette réaction aussi singulière que remarquable, s'explique avec une surprenante simplicité.

Digitized by Google

Les points principaux auxquels peuvent se réduire les résultats de ses recherches, sont ceux-ci :

Il n'existe qu'un seul acide phosphorique, mais bien trois combinaisons de cet acide avec l'eau ; cette eau prend le rôle de base et peut être remplacée par des bases fixes.

L'un de ces acides phosphorique (l'acide ordinaire, celui de Berzélius) renferme 3 atomes d'eau ; il est caractérisé par sa tendance à prendre également 3 atomes de base pour former tous ses sels. Dans le sel d'argent, ce sont 3 atomes d'oxide d'argent ; dans le sel de soude, 2 atomes de soude et 1 atome d'eau qui remplace le troisième atome de soude, et que l'on peut remplacer par un atome de soude ; dans ses sels acides, il contient 1 atome de base fixe et 2 atomes d'eau. L'atome d'eau du sel de soude peut être éliminé par la calcination, mais non sans faire éprouver par là une altération à l'acide, car en le perdant, il se change en acide pyrophosphorique.

Le second acide phosphorique, l'acide pyrophosphorique, contient 2 atomes d'eau ; toutes ses combinaisons salines renferment 2 atomes d'une base fixe ; ses sels acides 1 atome de base fixe et 1 atome d'eau : ainsi, dans toutes les circonstances, l'oxigène de la base ou des bases est à celui de l'acide comme 2 : 5.

M. Graham a observé que c'est à tort que l'on a attribué à l'acide pyrophosphorique la propriété de précipiter l'albumine et le chlorure de barium ; car cette propriété appartient à un nouvel acide qu'il nomme *métaphosphorique*, et qui a pour caractère distinctif que tous ses sels ne contiennent qu'un atome de base.

La formule du phosphate de soude ordinaire est :

Digitized by Google

2 $Na\,O + H^2\,O + P^2\,O^5$; si on le mêle avec du nitrate d'argent, il s'opère la décomposition suivante :

3 base $\left\{\begin{matrix}2 \text{ at. soude} \\ 1 \text{ at. eau}\end{matrix}\right\}$ + 1 at. acide phosphorique.

3 at. oxide d'argent + 3 at. acide nitrique.

Il se forme du phosphate jaune basique d'argent, 3 $Ag\,O + P^2\,O^5$, et les 3 atomes de base du sel de soude s'unissent aux 3 atomes d'acide nitrique ; mais il n'y a que 2 atomes de sa base qui enlèvent à l'acide nitrique ses propriétés acides, tandis que le troisième atome, qui est de l'eau, forme un hydrate avec l'acide nitrique ; c'est pour cela que la liqueur, bien que le phosphate de soude ait eu une réaction alcaline, est cependant acide après la décomposition.

La formule du phosphate acide de soude est $Na\,O +$ 2 $H^2\,O + P^2\,O^5$; sa décomposition avec le nitrate d'argent se fait comme il suit :

3 base $\left\{\begin{matrix}1 \text{ at. de soude} \\ 2 \text{ at. eau}\end{matrix}\right\}$ + 1 at. acide phosphorique.

3 at. d'oxide d'argent + 3 at. d'acide nitrique.

On voit qu'il se forme également ici du phosphate jaune basique d'argent, qu'un seul atome d'acide nitrique est neutralisé, tandis que 2 atomes d'hydrate d'acide nitrique sont mis en liberté.

Si l'on ajoute de la soude caustique à du phosphate de soude ordinaire, et qu'on évapore, on obtient un sel jusqu'alors inconnu, composé de 1 atome d'acide et 3 atomes de soude ; il est clair que, dans ce cas, 1 atome

Digitized by Google

d'eau du sel ordinaire a été éliminé et remplacé par 1 at. de soude. La formule de ce sel est $3\,Na\,O + P^2\,O^5$; sa décomposition par le nitrate d'argent reproduit du phosphate basique d'argent; mais le liquide, après la décomposition, n'est ni acide ni alcalin : elle s'opère de la manière suivante :

3 at. de soude + 1 at. d'acide phosphorique.

3 at. d'oxide d'argent + 3 at. d'acide nitrique.

Des pyrophosphates.

Si l'on calcine au rouge du phosphate de soude, dont la composition à l'état sec est celle-ci :

$$\left.\begin{matrix}2\text{ soude}\\1\text{ eau}\end{matrix}\right\}\ 3\text{ base},$$
$$1\text{ acide phosphorique},$$

le sel éprouve un changement, dans ce sens, qu'un atome d'eau est éliminé; on a alors un sel, du pyrophosphate de soude renfermant 2 atomes de soude pour un double atome d'acide phosphorique, et donnant avec les sels d'argent et d'autres sels une série de précipités dont la composition est la même. Dans la décomposition réciproque, la liqueur reste neutre; elle s'opère par exemple ainsi dans le sel d'argent :

2 soude, 1 acide phosphorique.

2 oxide d'argent, 2 acide nitrique.

L'acide, dans ces sels, même séparé des bases, con-

Digitized by Google

serve sa propriété de s'unir toujours à 2 atomes de base ; il reste quelque temps sans s'altérer, mais dissous dans l'eau il passe à l'état d'acide phosphorique ordinaire. On peut à peine douter que cette transformation repose sur une absorption d'eau ; car si, lorsqu'il est libre, il prend 2 atomes d'eau pour former un hydrate, lesquels sont remplacés dans ses sels par 2 atomes de base ; il faut pour qu'il passe à l'état d'acide phosphorique ordinaire, qu'il prenne peu à peu un troisième atome d'eau. L'expérience montre, en effet, que lorsqu'on chauffe de l'acide phosphorique sirupeux au dessus d'une certaine limite, il passe à l'état d'acide pyrophosphorique en perdant de l'eau.

On a une preuve rigoureuse de l'exactitude de ce résultat dans la manière dont se comporte le phosphate basique de soude. Il est formé de $3\,Na\,O + P^2\,O^5$, et ne peut être changé en pyrophosphate par une forte calcination. La raison en est que, dans ce sel, l'acide reste combiné avec 3 atomes de base, même après la calcination, ce qui fait qu'il conserve toujours la faculté de se combiner avec 3 atomes de base.

Maintenant, si l'on mêle du pyrophosphate de soude, qui renferme donc $2\,Na + P^2\,O^5$, avec de la soude caustique, et qu'on évapore à siccité, son acide passe entièrement à l'état d'acide phosphorique ordinaire ; il se produit $3\,Na\,O + P^2\,O^5$.

Le phosphate des os est un phosphate basique, qui contient plus de 2 atomes de chaux pour 1 atome d'acide phosphorique ; une forte calcination ne le convertit pas plus que le phosphate de soude basique, en acide pyrophosphorique ; mais si l'on ajoute à 8 parties d'os

Digitized by Google

2 parties d'acide sulfurique, et que l'on calcine de nouveau, il y a soustraction d'une partie de chaux, et le reste se change en pyrophosphate, de la même manière que le sel de soude lorsqu'on lui enlève 1 atome d'eau.

Si l'on fait chauffer le phosphate acide de soude, dont la formule est $Na\,O + 2\,H^2\,O + P^2\,O^5$, jusqu'à 190 ou 200°, il perd un des 2 atomes d'eau basique qu'il renferme, et sa composition devient :

$$\left.\begin{array}{l}1 \text{ at. soude}\\ 1 \text{ at. eau}\end{array}\right\} 1 + \text{at. acide phosphorique.}$$

Comme ne contenant plus en tout que 2 atomes de base, il est changé par le fait en un pyrophosphate acide, car l'acide pyrophosphorique n'est saturé qu'à moitié par la soude, l'une des bases, tandis que l'eau, c'est-à-dire l'autre base, ne lui enlève pas comme on sait ses propriétés acides. Avec les sels d'argent, de baryte, etc., on obtient des précipités qui sont identiques avec les pyrophosphates, car la liqueur dans laquelle ils se forment devient acide.

Si l'on expose à la chaleur rouge ce pyrophosphate acide de soude ($Na\,O + H^2\,O + P^2\,O^5$), ou bien le sel acide ordinaire ($Na\,O + 2\,H^2\,O + P^2\,O^5$), ils éprouvent un changement nouveau et très remarquable ; il se produit un sel de soude nouveau différent dans ses propriétés, de ceux connus jusqu'à présent. M. Graham le nomme *métaphosphate de soude*.

En exposant à une chaleur rouge l'un ou l'autre de ces deux phosphates acides de soude, ils fondent en perdant toute leur eau, et prennent l'aspect d'un verre transparent

Digitized by Google

qui est déliquescent à l'air ; la dissolution a une réaction très faiblement acide. L'acide phosphorique, renfermé dans ces sels, peut être séparé en précipitant le sel de soude avec un sel de plomb, et décomposant le précipité formé par de l'hydrogène sulfuré. Cet acide, qui est l'acide métaphosphorique, produit dans le chlorure de barium un précipité floconneux, blanc d'opale, et qui se produit également avec des dissolutions très étendues ; il coagule l'albumine, propriété que ne possède aucun des deux autres acides phosphoriques, et que l'on a attribuée à tort à l'acide pyrophosphorique.

L'acide phosphorique ordinaire, chauffé jusqu'à la chaleur rouge, possède également ces deux propriétés ; ainsi, l'on ne peut douter que par la calcination il n'éprouve la même modification.

Le métaphosphate de soude s'est produit comme il suit : le phosphate acide de soude $Na\,O + 2\,H^2\,O + P^2\,O^5$, ou bien le pyrophosphate acide de soude $Na\,O + H^2\,O + P^2\,O^5$ ont perdu, l'un ses 2 atomes d'eau, l'autre 1 atome seulement ; de sorte que le métaphosphate de soude est représenté par $Na\,O + P^2\,O^5$; on ne peut donner le nom de sel acide à cette composition, mais, d'après ses réactions, c'est un sel d'un genre à part, dont les propriétés sont dépendantes de la modification de l'acide phosphorique qui s'y trouve ; ses combinaisons, ainsi que le sel de soude, ne renferment qu'un atome de base.

La dissolution de métaphosphate de soude précipite les sels d'argent en flocons gélatineux, qui s'agglomèrent lorsqu'on les dessèche à la chaleur de l'eau bouillante ; ce sel d'argent contient comme celui de soude 1 atome

Digitized by Google

d'oxide d'argent et un double atome d'acide phosphorique ; le métaphosphate de baryte a la même composition.

Le métaphosphate de soude en dissolution conserve pendant un mois ses propriétés sans s'altérer ; si on l'évapore dans le vide sur de l'acide sulfurique, on obtient d'abord une masse gluante, qui ensuite devient cassante et semblable à une gomme, sans traces de cristallisation ; à l'état sec, il retient un peu plus d'un atome d'eau.

Chauffé à 200° et maintenu pendant quelque temps à cette température, il se convertit en pyrophosphate de soude en perdant 2,63 p. cent d'eau.

Si on le fait bouillir avec de la soude caustique, ses propriétés n'éprouvent pas d'altération ; si, dans cet état, on l'évapore à siccité, ou si on le calcine légèrement, il se change en phosphate de soude basique $3\,Na\,O + P^2\,O^5$.

Les métaphosphates de baryte et de chaux sont tous deux solubles dans un excès de métaphosphate de soude. Ils sont difficilement précipités de dissolutions étendues, bien qu'une fois précipités, ils soient très insolubles.

Le sel de baryte tenu long-temps en ébullition avec de l'eau entre en dissolution et finit par disparaître en entier ; l'ébullition se prolongeant, la liqueur est très acide et contient sans doute du phosphate acide de baryte, car les sels d'argent sont précipités en jaune de la dissolution. C'est un exemple de la transition d'un métaphosphate insoluble à l'état de phosphate soluble.

Si l'on ajoute du métaphosphate de soude à un excès de chlorure de calcium, il se rassemble au fond de la liqueur trouble, un corps transparent demi-liquide, de

Digitized by Google

la consistance de la térébenthine ; c'est un hydrate de métaphosphate de chaux insoluble dans l'eau.

La conversion de l'acide phosphorique en acide métaphosphorique, explique maintenant aussi une réaction du phosphate de chaux acide préparé par le procédé ordinaire. Lorsque ce composé est amené par l'évaporation à une consistance sirupeuse ou encore plus épaisse, on peut le redissoudre dans l'eau sans qu'il laisse de résidu ; mais si on fait rougir le sel acide de chaux dans un vase de platine, on obtient un verre limpide, incolore, très transparent, complétement insoluble dans l'eau. On peut l'y faire bouillir des heures entières, sans que l'eau devienne acide ; il est clair que le sel acide de chaux ordinaire s'est changé en métaphosphate de chaux.

En le saturant directement avec de la soude, l'acide métaphosphorique se change en partie en acide phosphorique, car on retire de la dissolution neutralisée du phosphate de soude en petites feuilles cristallines et soyeuses. Le phosphate de soude prend aussi un aspect différent de celui qu'il a ordinairement, lorsqu'on l'a soumis à une longue ébullition dans des vases de verre.

Des faits qui précèdent il résulte bien évidemment que si l'on fond 1 atome de l'une quelconque des modifications de l'acide phosphorique avec de la soude pure ou du carbonate de cette base, on obtient un métaphosphate, un pyrophosphate ou un phosphate, suivant que l'on a employé 1, 2 ou 3 atomes de soude. Si l'on sépare l'acide de la base, il possède et conserve pendant un certain temps les caractères de son ancienne modification.

On peut évaporer dans un creuset de platine à une

Digitized by Google

chaleur de 150°, une dissolution étendue d'acide phosphorique, jusqu'à ce qu'il ne retienne plus que 3 atomes d'eau ; il prend alors une couleur foncée, et, en se refroidissant, sa consistance devient sirupeuse. Dans cet état, tout l'acide est encore de l'acide phosphorique.

Si l'on continue de l'évaporer à 215°, il perd encore de l'eau ; si l'eau qui lui reste ne s'élève plus qu'à 29,9 parties pour 100 d'acide (ce qui correspond à $2\frac{1}{2}$ atomes), et qu'on le neutralise avec de la soude, il fournit un mélange de phosphate et de pyrophosphate de cette base.

Pour former l'acide métaphosphorique, il faut une température beaucoup plus élevée ; mais la production de cet acide a été observée avant que la proportion d'eau retenue fût descendue au dessous de 2 atomes.

On voit, d'après toutes ces réactions, que les modifications que subit l'acide phosphorique, dépendent principalement de la quantité de l'oxide qui lui est unie ; dans l'acide libre, cet oxide est de l'eau ; dans les sels, une base fixe qui peut être remplacée en partie par de l'eau. Voici la formule de ces divers acides :

L'hydrate d'acide phosphorique..... $3H^2O + P^2O^5$.
— d'acide pyrophosphorique. $2H^2O + P^2O^5$.
— d'acide métaphosphorique $H^2O + P^2O^5$.

Il paraît qu'il existe encore des hydrates de cet acide, dont les quantités d'eau sont intermédiaires.

Le tableau suivant représente la composition des acides et de leurs sels de soude.

Digitized by Google

		Atomes d'oxigène. dans la soude.	dans l'eau.	dans l'acide.
I^re classe.	Acide phosphorique.....	0	3	5
	Phosphate acide de soude.....	1	2	5
	Phosphate de soude.....	2	1	5
	Phosphate basique de soude...	3	0	5
II^e classe.	Acide pyrophosphorique.....	0	2	5
	Pyrophosphate acide de soude..	1	1	5
	Pyrophosphate de soude.....	2	0	5
III^e classe.	Acide métaphosphorique.....	0	1	5
	Métaphosphate de soude.....	1	0	5

M. Graham a encore découvert deux phosphates de soude dont les propriétés s'écartent de celles des sels précédens, et que l'on ne peut expliquer par la théorie qu'on vient d'établir.

A ceux-là appartient sa troisième variété du phosphate acide de soude.

Premier phosphate acide de soude anomal. Si, au lieu de chauffer le sel acide de soude jusqu'à la fusion, ce qui produirait du métaphosphate de soude, on n'élève la température que jusqu'à 315°, ce sel ($Na\,O + 2\,H^2\,O + P^2\,O^5$) perd toute son eau, à l'exception de 0,38 pour cent. Si alors l'on verse de l'eau sur ce sel desséché, la plus grande partie se dissout tout à coup, à l'exception d'une certaine quantité qui varie entre 6,57 et 18 pour cent.

Ce qu'il y a de remarquable, c'est que la dissolution est tout à fait neutre, ne peut être amenée à cristallisation, mais se dessèche en une croûte blanche cassante, qui, tenue à une chaleur de 100°, retient encore 11,56 d'eau pour 100 de sel.

Digitized by Google

Ce sel produit dans le chlorure de barium et le nitrate d'argent, des précipités dont la composition se rapproche beaucoup des pyrophosphates correspondans.

En ajoutant à ce sel de la soude caustique, et évaporant, on obtient des cristaux de pyrophosphate de soude.

Le second phosphate acide anomal, quatrième variété de M. Graham, s'obtient en chauffant le phosphate acide ordinaire, le pyrophosphate acide ou le sel précédent, un peu peu plus vivement, à peu près jusqu'au rouge obscur.

Si le feu est conduit vivement, le sel entre en fusion en perdant son eau et présente une masse dure et scoriacée. Si, au contraire, on n'échauffe que graduellement, l'eau se dégage sans qu'il y ait fusion, et la poudre ne fait que se fritter. Le sel est le même dans les deux cas. On peut facilement le changer en une poudre impalpable, et, dans cet état, l'eau bouillante n'agit que lentement sur lui. Ce qui s'y dissout, paraît se transformer en la variété précédente.

Le phosphate acide de potasse éprouve, dans les mêmes circonstances, le même changement. Ce qu'il y a de plus remarquable dans ce sel, c'est qu'on peut le fondre à la chaleur blanche sans le transformer en métaphosphate de potasse. Il conserve, sans altération, son insolubilité, tandis que les deux sels anomaux de soude, fondus à la chaleur rouge, sont transformés, sans rien abandonner, en métaphosphate de soude soluble.

Digitized by Google

Note sur un Acide retiré de la Saponine;

Par Edmond Fremy.

Quand on soumet les marrons d'Inde pulvérisés à un traitement alcoolique à froid, on leur enlève le principe âcre qu'ils contiennent, et l'alcool donne par l'évaporation une masse gélatineuse légèrement colorée en jaune, qui jouit des propriétés suivantes :

Elle est soluble dans l'eau en toutes proportions, également soluble dans l'alcool, mais sa solubilité décroît à mesure que la concentration de l'alcool augmente; elle est insoluble dans l'éther. Dissoute dans l'eau, elle lui donne la propriété de mousser fortement par l'agitation; enfin traitée par l'acide nitrique, elle se décompose et se transforme en une résine jaune. On voit que ces propriétés sont tout à fait celles que M. Bussy a trouvées à la saponine de la saponaire d'Égypte; de plus, comme je le dirai tout à l'heure, cette saponine, ainsi que celle de la saponaire, traitée convenablement, jouissent de la propriété de donner naissance à de l'acide esculique, ce qui doit être regardé comme le caractère en quelque sorte générique de la saponine. On peut donc dire que les marrons d'Inde contiennent de la saponine : seulement cette dernière n'est pas aussi pure que celle de la saponaire d'Égypte; elle contient une matière grasse qu'un traitement par l'éther peut facilement enlever, une matière colorante jaune, puis une matière très

Digitized by Google

amère soluble dans l'eau, pouvant y cristalliser en belles paillettes que j'ai l'intention d'étudier par la suite, mais dont j'annonce seulement ici l'existence.

Quand on traite la saponine des marrons par un acide, l'acide hydrochlorique par exemple, il ne se produit pas d'abord de précipité, mais bientôt la liqueur devient trouble et laisse déposer une matière blanche qui jouit des propriétés acides. Au lieu de laisser l'action se produire lentement, si l'on chauffe, à l'instant même la précipitation s'effectue. Le précipité lavé à l'eau froide se dissout à peine, mais il est très soluble dans l'alcool; il cristallise alors en petits cristaux grenus.

J'ai donné à cet acide le nom d'acide esculique, de *Æsculus hypocastanum*.

Pour obtenir l'acide esculique parfaitement pur, j'ai dû suivre un autre mode de préparation qui le préservât de l'action toujours décomposante d'un acide fort qui bout avec une matière végétale.

Si l'on traite la saponine des marrons par la potasse à froid, ou mieux à chaud, il se forme d'abord une combinaison de la matière colorante jaune que la saponine contient avec la potasse, puis de l'acide esculique avec le même alcali. Le premier de ces composés est insoluble dans l'alcool même faible, tandis que l'esculate de potasse au contraire est très soluble dans l'alcool faible et cristallise très bien. On traite ensuite cet esculate dissous dans l'eau par un acide qui donne l'acide esculique parfaitement pur.

Cet acide ainsi préparé est sans saveur, à peine soluble dans l'eau bouillante, très soluble dans l'alcool, in-

Digitized by Google

soluble dans l'éther, il ne se fond qu'en se décomposant. Dans les distillations sèches, il ne donne naissance à aucun produit particulier. Traité par l'acide nitrique, il se transforme en résine jaune avec dégagement de gaz nitreux. Ses combinaisons avec les bases sont décomposées par l'acide carbonique.

L'acide esculique analysé à plusieurs reprises a toujours donné la composition suivante :

	Centièmes.	Atomes.	Théorie.
H....	8,352	23,28	8,26
C.....	57,260	13,08	57,20
O.....	34,388	6,00	34,54

La capacité de saturation prise sur des sels neutres de plomb et d'argent a donné pour le poids d'atome 6944, qui est représenté par la formule $C^{52}\ H^{92}\ O^{24}$.

J'ai dû analyser l'acide combiné à une base pour savoir s'il ne perdrait pas de l'eau. Un sel de plomb a donné :

	Centièmes.
C.....	57,3
H.....	8,6
O.....	34,1

L'acide esculique est donc anhydre, il ne perd pas d'eau en se combinant avec les bases. Les seuls esculates solubles sont ceux de potasse, de soude et d'ammoniaque. Ces sels ne cristallisent pas dans l'eau, ils la font prendre en gelée ; mais quand on les dissout dans un mélange de 1 partie d'eau et de 2 d'alcool, ils cristalli-

Digitized by Google

sent en belles paillettes nacrées. Les esculates de baryte, de strontiane, de chaux, de plomb et de cuivre sont insolubles dans l'eau, mais tous se dissolvent, quelques uns même cristallisent dans l'alcool aqueux. Il sont tous insolubles dans l'alcool à 40°.

Les sels de potasse, de soude et d'ammoniaque sont formés de 1 atome de base et de 2 atomes d'acide.

Il est très difficile de faire par double décomposition des esculates neutres; ils sont presque toujours avec excès d'acide.

L'acide esculique, comme je l'ai déjà dit, se transforme en une résine jaune quand on la traite par l'acide nitrique; j'ai voulu voir quelle relation il pouvait y avoir entre la composition de cette résine et celle de l'acide esculique; mais c'est avec peine qu'on peut se la procurer privée d'acide nitrique. Cependant il résulterait de mes analyses qu'elle contiendrait la même quantité d'hydrogène et de carbone que l'acide esculique, l'oxigène seulement serait plus fort.

Enfin il me restait à voir si la saponine de la saponaire d'Égypte se comportait de la même manière avec les acides que la saponine des marrons : j'ai obtenu des résultats tout à fait semblables. En traitant la saponine de la saponaire à chaud par un acide, on précipite une matière qui, comme l'acide esculique, est insoluble dans l'eau, très soluble dans l'alcool et peut y cristalliser, qui, traitée par l'acide nitrique, se transforme en résine jaune.

L'acide provenant de la saponine de la saponaire a été analysé; j'ai obtenu :

Digitized by Google

C.....	56,91
H.....	8,64
O.....	34,45

Il est évident que cet acide a la même composition que l'acide esculique.

Ainsi donc la saponine des marrons paraîtrait être la même que celle de la saponaire. Cependant cette dernière donne peut-être plus difficilement l'acide esculique que l'autre. Ainsi le traitement par la potasse, l'action des acides à froid, même le courant de la pile, déterminent la précipitation d'acide esculique avec la saponine des marrons; c'est ce que je n'ai pas remarqué avec l'autre.

Il aurait été sans doute curieux de trouver une relation de composition entre l'acide esculique et la saponine : des analyses exactes de la saponine auraient pu seulement faire parvenir à ce but; mais un corps qui, comme la saponine, ne cristallise pas, qui ne peut être purifié que difficilement, qui, lorsqu'on le brûle, laisse toujours un résidu, ne m'a jamais paru pouvoir donner des réactions nettes, et à plus forte raison être soumis à un examen analytique exact.

Ce travail a été fait au laboratoire et sous la direction bienveillante de M. Pelouze; je saisis vivement cette occasion pour lui en témoigner toute ma reconnaissance.

Digitized by Google

Sur la Composition de l'Acide pyromucique ;

Par M. Boussingault.

M. Houtou-Labillardière, à qui l'on doit d'avoir mis hors de doute l'existence de l'acide pyromucique comme acide particulier, lui a trouvé la composition suivante :

Carbone.....	0,521
Hydrogène....	0,021
Oxigène.....	0,458

Cette analyse me parut mériter une révision ; en conséquence j'ai examiné de l'acide pyromucique cristallisé et de l'acide sublimé. Sous ces deux différens états il m'a offert la même composition.

L'acide pyromucique cristallisé se présentait en belles lamelles d'un aspect nacré. Les cristaux avaient été séchés à l'air.

$0^{gr},3695$ ont donné :

Acide carbonique 0,721, eau 0,130.

D'où :

Carbone.....	0,540
Hydrogène.....	0,039
Oxigène.....	0,421

L'acide sublimé était d'une blancheur parfaite ; il avait une cassure saccharoïde parce qu'il s'était fondu

Digitized by Google

dans le col de la cornue dans laquelle on l'avait sublimé.

0,342 de cet acide ont fourni :

Acide carbonique 0,6685, eau 0,114.

D'où l'on tire :

Carbone.....	0,541
Hydrogène....	0,038
Oxigène.....	0,421

Comme l'acide pyromucique se volatilise à une température supérieure à 135°, et que d'un autre côté il possède exactement la même composition que l'acide cristallisé, il est évident que ce dernier ne contient pas d'eau de cristallisation. Pour connaître à quel état l'acide pyromucique se trouvait dans les sels, j'ai soumis à l'analyse le pyromucate d'argent.

Ce sel a été préparé en versant du nitrate d'argent parfaitement neutre dans une dissolution de pyromucate de chaux, en abandonnant la liqueur mélangée à elle-même pendant plusieurs jours. On s'est procuré ainsi une quantité notable de pyromucate d'argent qui a été desséché en le comprimant fortement entre du papier à filtre. Il a été ensuite chauffé et maintenu pendant longtemps à une température de 125°.

0,316 de pyromucate ont produit 0,155 d'argent métallique.

I. 0,589 de pyromucate d'argent ont donné, acide carbonique 0,589, eau 0,080.

II. 0,675 de pyromucate d'argent ont donné, acide carbonique 0,675, eau 0,094.

Digitized by Google

On obtient ainsi :

	I.	II.
Carbone.....	0,588	0,585
Hydrogène...	0,031	0,031
Oxigène.....	0,381	0,384

Ces nombres conduisent à la formule suivante :

C^{10}.....	764,4	0,587
H^{6}.....	37,4	0,031
O^{5}.....	500,0	0,382
	1301,8	1,000

En calculant le poids atomique de l'acide pyromucique d'après la composition du pyromucate d'argent, on trouve 1303,3. La capacité de saturation de cet acide est de 7,59. C'est à très peu près le cinquième de l'oxigène qu'il contient. L'acide pyromucique dans les sels diffère donc essentiellement de l'acide pyromucique sublimé ou cristallisé.

L'acide sublimé se représente exactement par la formule :

$$C^{10}\ H^{8}\ O^{6} = C^{10}\ H^{6}\ O^{4} + H^{2}\ O.$$

Par conséquent, en s'unissant aux bases, l'acide sublimé abandonne précisément un atome d'eau.

L'acide pyromucique hydraté possède la même composition que l'acide pyrocitrique contenu dans les pyrocitrates. En effet, d'après M. Dumas, l'acide pyrocitrique est formé de

Digitized by Google

Carbone.....	0,541
Hydrogène.....	0,035
Oxigène.....	0,424
	1,000

M. Dumas a été conduit à adopter la formule $C^5 H^4 O^3$. Le poids atomique de cet acide est donc la moitié de celui de l'acide pyromucique.

Analyse de l'eau thermale de Lavey;

PAR S. BAUP.

Dans l'hiver de 1831, des pêcheurs découvrirent dans le lit du Rhône, à peu de distance du village de Lavey et à 5 kilomètres sud-est de Bex, quelques filets d'eau chaude que le gouvernement du canton de Vaud fit encaisser aussitôt. Une maison de bains provisoire fut élevée près de là, et une analyse en fut faite en 1832.

Au commencement de 1833, de nouveaux travaux furent entrepris dans le lit même du Rhône, dans un massif de gneiss, avec l'espérance de réunir un plus grand nombre de filets d'eau thermale, qu'une expérience médicale de deux années faisait vivement désirer de voir augmenter. Le nouvel encaissement terminé, il se trouva que l'eau thermale avait non seulement pres-

Digitized by Google

que doublé de volume, mais qu'elle était devenue plus riche en principes salins; et que sa température s'était aussi un peu accrue. C'est sur de l'eau de cette nouvelle source, mais puisée à l'établissement provisoire des bains, à sa sortie de tuyaux de plus de 500 mètres de développement que la présente analyse a été faite.

La température de l'eau, à la source même, était le 12 octobre 1833 à 45° centigrades (1) (= 36° R.); arrivée aux bains, elle n'était plus qu'à 36°,3 centigrades (= 29° R.).

Refroidie à 15°, sa pesanteur spécifique était = 1,00114.

L'analyse faite en octobre 1833 a donné les résultats suivans, calculés pour un kilogramme ou pour 1000 parties d'eau.

	Centimètres cubes.	
Gaz acide hydrosulfurique	3,51	à 0° et 0,76 mt.
Gaz acide carbonique....	4,34	
Gaz azote	27,80	

	grammes.
Chlorure de potassium.....	0,0034
— de sodium	0,3633
— de lithium	0,0056
— de calcium.....	0,0015
— de magnésium....	0,0045
	0,3783

(1) La température de l'eau de l'ancienne source était de 43°,5 c. (= 34°,7 R.), et sa pesanteur spécifique = 1,00102.

Digitized by Google

Report	0,3783
Sulfate de soude anhydre...	0,7033
— de magnésie anhydre	0,0068
— de chaux anhydre...	0,0907
— de strontiane.....	0,0023
Carbonate de chaux	0,0730
— de magnésie.....	0,0018
Silice	0,0566
	1,3128

Bromure
Iodure
Fluorure de calcium
Phosphate de chaux
Oxide de fer
— de manganèse
Matière extractive

} traces ou quantités indéterminées.

Digitized by Google

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES. *Janvier* 1835.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN.			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.		
1	764,00	+ 10,6	100	764,20	+ 13,2	82	766,18	+ 10,1	96	770,77	+ 7,6	88	+ 13,2	+ 7,6	Très nuageux.	S. O.
2	775,80	+ 4,4	74	775,83	+ 4,6	61	776,04	+ 4,2	60	776,63	+ 2,6	71	+ 4,8	+ 2,6	Couvert.	N. N. E.
3	774,72	+ 0,4	90	773,90	+ 3,6	78	773,23	+ 3,8	63	772,36	+ 0,8	93	+ 3,8	— 0,5	Beau.	N. E.
4	770,40	— 0,0	86	769,74	+ 3,0	70	768,90	+ 3,6	65	768,73	+ 1,0	80	+ 3,6	— 0,6	Beau.	N. E.
5	769,56	— 1,4	85	769,63	+ 0,9	76	769,85	+ 1,5	70	770,87	— 1,0	74	+ 1,5	— 1,8	Beau.	E.
6	771,48	— 5,5	99	770,15	— 2,2	95	769,40	+ 0,1	82	768,28	— 3,0	96	+ 0,1	— 6,8	Beau.	N.
7	765,64	— 4,5	100	764,63	— 0,7	82	763,66	+ 1,2	76	762,06	+ 1,2	80	+ 1,2	— 6,0	Légers nuages.	N. E.
8	761,05	+ 0,6	98	760,78	+ 4,0	86	760,00	+ 5,3	88	759,90	+ 2,8	100	+ 5,3	— 0,0	Nuageux, brouillard.	E.
9	758,95	+ 1,4	100	758,23	+ 4,8	86	756,83	+ 6,6	92	756,10	+ 4,5	100	+ 6,6	+ 0,6	Couvert, brouillard.	S. O. très faibl.
10	755,90	+ 7,8	100	756,50	+ 8,0	100	756,80	+ 9,2	100	758,14	+ 5,6	96	+ 9,6	+ 7,6	Pluie continuelle.	O. très faible.
11	758,90	+ 8,2	90	758,58	+ 9,9	84	758,48	+ 10,4	78	759,00	+ 9,0	92	+ 10,4	+ 8,1	Couvert.	S. O.
12	758,70	+ 7,2	95	757,92	+ 9,5	68	756,75	+ 9,3	64	755,26	+ 6,0	70	+ 9,5	+ 6,0	Nuageux.	O.
13	752,10	+ 1,0	99	751,00	+ 4,6	80	749,66	+ 6,2	89	748,16	+ 6,3	100	+ 6,3	+ 0,0	Couvert, brouill. léger.	E. S. E.
14	746,04	+ 6,4	99	745,50	+ 10,4	81	745,09	+ 11,6	77	746,20	+ 9,0	94	+ 11,6	+ 5,2	Très nuageux.	S. E. faible.
15	750,87	+ 4,0	98	752,14	+ 7,8	95	752,54	+ 9,9	87	752,80	+ 6,8	96	+ 9,9	+ 3,8	Quelques éclaircies.	O. faible.
16	746,57	+ 7,4	84	745,30	+ 8,8	76	741,32	+ 8,3	95	747,32	+ 4,8	88	+ 8,8	+ 4,8	Couvert.	S. O.
17	751,98	+ 3,6	89	751,96	+ 6,7	72	751,68	+ 6,0	62	753,74	+ 2,6	92	+ 6,7	+ 2,1	Nuageux.	S. O.
18	752,23	+ 1,2	80	751,40	+ 2,3	70	749,34	+ 2,2	84	745,77	+ 2,4	95	+ 2,4	+ 0,8	Couvert, grésil.	E.
19	741,80	+ 8,8	95	741,18	+ 10,2	75	740,04	+ 10,3	65	743,40	+ 3,2	92	+ 10,3	+ 3,2	Nuageux.	S. O. fort.
20	748,80	+ 1,8	92	752,40	+ 1,7	100	755,16	+ 3,4	64	760,00	+ 1,0	80	+ 3,4	+ 0,6	Neige, brouillard.	N. O.
21	764,58	+ 0,4	86	764,70	+ 1,6	75	764,75	+ 2,2	55	765,00	— 0,4	85	+ 2,2	— 0,4	Nuageux.	N.
22	762,73	— 1,4	90	763,15	+ 0,4	84	763,53	+ 0,8	78	766,65	+ 0,2	90	+ 0,8	— 2,0	Nuageux, brouillard.	S. E.
23	769,35	— 0,3	99	769,46	+ 2,1	80	768,88	+ 2,3	84	768,70	— 1,0	98	+ 2,3	— 1,6	Nuageux, brouillard.	S. E.
24	766,08	+ 2,1	96	765,40	+ 3,8	88	764,50	+ 4,4	92	765,42	+ 5,4	96	+ 5,4	+ 1,0	Couvert, brouillard.	S. O.
25	767,50	+ 4,2	100	767,09	+ 5,8	96	766,37	+ 7,4	90	766,92	+ 8,4	100	+ 8,4	+ 3,8	Couvert, brouillard.	O.
26	768,30	+ 8,0	100	768,70	+ 9,4	94	768,40	+ 9,6	90	769,63	+ 8,4	95	+ 9,6	+ 7,6	Couvert, brouillard.	O.
27	769,84	+ 7,0	89	769,74	+ 7,3	85	769,08	+ 7,2	80	769,82	+ 5,8	80	+ 7,3	+ 5,8	Couvert, brouillard.	N. O. faible.
28	768,03	+ 2,4	95	767,20	+ 2,4	92	765,97	+ 2,3	90	765,40	+ 1,0	90	+ 3,0	+ 1,0	Couvert, brouillard.	S. E. faible.
29	764,10	+ 1,2	95	763,82	+ 2,4	90	782,80	+ 3,2	90	762,26	+ 2,2	98	+ 3,2	+ 0,8	Couvert brouillard.	S. faible.
30	760,98	+ 0,8	90	760,05	+ 2,2	78	759,00	+ 0,2	82	758,97	— 0,8	92	+ 2,2	— 0,8	Quelques éclaircies.	E.
31	759,88	— 2,1	96	760,50	+ 0,3	92	761,16	+ 1,2	92	763,50	+ 1,6	98	+ 1,6	— 2,1	Couvert, brouillard.	S.
1	766,72	+ 1,4	93	766,36	+ 3,9	82	766,09	+ 4,6	79	766,39	+ 2,2	88	+ 5,0	+ 0,3	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en cent.
2	750,80	+ 5,0	92	750,54	+ 7,2	80	750,01	+ 7,8	77	751,22	+ 5,1	90	+ 7,9	+ 3,5	Moyennes du 11 au 20.	Cour. 1,400
3	765,57	+ 1,9	94	765,44	+ 3,4	88	764,94	+ 3,7	85	765,65	+ 2,8	93	+ 4,2	+ 1,2	Moyennes du 21 au 31.	Terrasse, 1,025
	761,17	+ 2,7	93	760,93	+ 4,8	83	760,49	+ 5,3	80	761,23	+ 3,4	90	+ 5,6	+ 1,6	Moyennes du mois, + 3,6.	

Digitized by Google

Recherches sur les Propriétés du Tellure (1);

Par J. J. Berzélius.

On sait que jusqu'à présent ce métal a été si rare, qu'on n'a pu pour ce motif le soumettre à des recherches étendues. La découverte récente du tellurure d'argent en Sibérie, et du tellurure de bismuth à Schemnitz, promet de rendre le tellure plus abordable aux chimistes. Celui qui a servi aux expériences suivantes a été retiré du tellurure de bismuth, dont je suis redevable à l'obligeance de M. Wehrle, membre du conseil des mines de Schemnitz. L'analogie du tellure avec le soufre et le sélénium avait depuis long-temps fait naître en moi le désir de le soumettre à un examen plus approfondi.

I. *De l'extraction et de la purification du tellure.*

Il est hors de doute que parmi les méthodes nombreuses que l'on a proposées pour l'extraction et la purification du tellure, aucune n'a fourni ce métal exempt de métaux étrangers. Je ne veux décrire ici que celles qui servent à le retirer des tellurures d'argent et de bismuth, deux minéraux qui, pour le présent, nous le fournissent en plus grande abondance.

On peut assurément obtenir le tellure en traitant le tellurure de bismuth par l'eau régale qui le dissout; mais comme les oxides de ces deux métaux se précipitent aussi

(1) On devrait donner à ce métal, dans notre langue, le nom de tellurium, qui permettrait de substituer l'expression de tellures à celle de tellurures. (*R.*)

Digitized by Google

facilement l'un que l'autre lorsqu'on étend la dissolution, cette méthode présente beaucoup de difficultés. Si l'on mêle la dissolution acide avec de la potasse caustique en grand excès, on obtient, il est vrai, l'oxide de tellure en dissolution dans la potasse, mais l'oxide de bismuth qui se précipite dans cette opération retient en combinaison beaucoup d'oxide de tellure, dont on peut bien diminuer la quantité en traitant le précipité à plusieurs reprises par la potasse, mais qu'on ne peut lui enlever complétement.

La propriété que possède le tellure de former une combinaison soluble avec le potassium et le sodium, nous offre un moyen plus simple de séparer les deux métaux. On l'obtient, cette combinaison, en mêlant intimement du carbonate sec de potasse avec le minerai bien pulvérisé; on forme une pâte ferme avec de l'huile d'olive, et on la met dans un creuset de porcelaine que l'on puisse munir de son couvercle. On chauffe alors le creuset, d'abord très doucement jusqu'à ce que toute l'huile soit convertie en charbon; puis lorsqu'on ne voit plus de gaz brûler aux bords du creuset, on élève un instant la température jusqu'à une bonne chaleur blanche, après quoi on laisse lentement refroidir. On a alors une masse poreuse de couleur brune foncée, que l'on pulvérise au plus vite dans un mortier sec, et que l'on jette sur un filtre sec pour l'y laver avec de l'eau bouillante au moyen de l'appareil à lavage continu que j'ai décrit dans mon *Traité de Chimie*, lequel a pour but de faire arriver l'eau pure sur la dissolution, de telle sorte que celle-ci ne puisse être en contact avec l'air. L'eau doit avoir été bouillie, puis refroidie

Digitized by Google

dans une bouteille fermée. Au moyen de cet arrangement, on peut laver complétement le tellurure de potassium sans qu'il s'en décompose une quantité appréciable par l'influence de l'air. Il passe une liqueur d'une riche couleur rouge, qui, partout où elle vient en contact avec l'air, reçoit l'éclat de l'argent, du tellure qui se sépare, tandis que le potassium s'oxide aux dépens de l'air. Aussitôt que la liqueur passe claire, la masse qui est sur le filtre est lavée. Elle se compose de charbon et de bismuth métallique. Elle retient si peu de tellure qu'en la traitant de nouveau comme précédemment, elle n'en donne pas de traces, et que si on la dissout dans l'eau régale, qu'on la convertisse en chlorure de bismuth pur exempt d'acide nitrique, et qu'on la traite, comme on le verra plus tard, par l'acide sulfureux, on obtient, il est vrai, des traces de tellure, mais elles ne correspondent pas à la richesse de la dissolution, et proviennent très probablement de ce qui a été précipité pendant le lavage au contact de l'air.

La dissolution d'un rouge foncé, contient du tellurure de potassium plus ou moins mêlé de sulfure et de séléniure de potassium avec une petite quantité de tellurure d'or, de cuivre, de manganèse et de fer. Si on abandonne la dissolution à elle-même, elle se couvre à sa surface d'une pellicule de tellure, et peu à peu, mais très lentement, elle finit par se troubler jusqu'au fond. En y faisant passer de l'air par insufflation, la masse ne tarde pas à s'oxider. Le potassium se change en potasse, et le tellure se précipite à l'état métallique. On peut dire que le tellure a été précipité par l'oxigène. En observant la dissolution à la fin de cette précipitation, on la

Digitized by Google

voit prendre une couleur verte; si l'on décante à ce moment, il se dépose après quelques instans une très minime quantité de tellure, la liqueur jaunit et ne laisse plus rien précipiter. Cette couleur verte provient de ce que le tellure lorsqu'il est en petite quantité dans la dissolution lui donne une couleur bleue transparente, lequel bleu, mêlé avec la couleur jaune appartenant au liquide, lui donne une teinte verte. C'est pour cela que la liqueur verte passe colorée en jaune lorsqu'on cherche à la filtrer, parce que le tellure reste sur le filtre. Quelquefois aussi la liqueur restante est de couleur rose sale, et ne donne point de précipité, même en plusieurs jours. Cela provient du tellurure de fer qui s'y trouve.

Tant que la potasse est en excès, le soufre et le sélénium ne sont point précipités, mais l'accès de l'air les convertit en acides; c'est là un moyen d'obtenir le tellure exempt de ces deux corps. L'acide hydrochlorique précipite de la dissolution jaune le sélénium et le sulfure de tellure qui s'y trouvaient à l'état de telluro-sulfite et de telluro-sélénite.

Le métal précipité de la dissolution alcaline se présente en poudre très fine et dense. Pour obtenir le tellure à l'état de pureté, il faut avoir recours à la distillation. Il est cependant si peu volatil que je n'ai pu le porter à l'ébullition dans une retorte de porcelaine que j'ai chauffée dans un des petits fourneaux à air que nous employons dans nos laboratoires. Pour déterminer sa distillation voici comment je m'y suis pris : j'ai placé un vase de porcelaine allongé contenant le tellure, dans un large tube de porcelaine placé dans un fourneau auquel il était convenablement adapté; je l'ai chauffé

Digitized by Google

jusqu'au rouge en même temps que j'y ai fait passer un courant d'hydrogène. Le tellure s'est changé en gaz, et il a été entraîné constamment par l'hydrogène vers les parties plus froides du tube où il s'est condensé. Afin de faire couler le tellure après sa condensation, il faut donner au tube une légère inclinaison. En peu de temps, tout le tellure a distillé, et il est resté dans le vase de porcelaine un petit culot formé de tellurure d'or et de tellurure de cuivre avec un peu de tellurure de fer. Le produit de la distillation est du tellure pur.

En général, on peut faire usage du procédé qui consiste à fondre avec de la potasse et du charbon, lorsqu'on veut purifier du tellure, surtout s'il contient du soufre, du sélénium ou de l'arsenic, tous corps que l'on ne saurait en séparer par la distillation. L'arsenic se dégage en vapeurs à la chaleur rouge, et les deux autres, après la précipitation du tellure par l'air, restent dissous dans la liqueur. La lessive de potasse contient à l'état de tellurures les métaux basiques qui rendaient le tellure impur. Si, dans cette opération, on emploie la poudre de charbon au lieu d'huile, on peut tout d'abord chauffer fortement, mais la dissolution de tellurure de potassium qu'on obtient alors renferme du tellurure de calcium, et parce que la chaux qui se produit se précipite avec le métal, il faut laver le précipité d'abord avec de l'acide hydrochlorique, puis avec de l'eau. La quantité de charbon doit toujours être assez grande pour que, dans la réduction, la masse n'entre pas en fusion, car alors elle passerait par dessus les bords du creuset et se perdrait en partie.

La méthode qu'on vient de donner, appliquée au tel-

Digitized by Google

lurure d'argent, ne fournit que peu ou point de tellure, parce que l'affinité de l'argent pour ce métal est trop grande pour que le tellure puisse faciliter la réduction du potassium. Pour extraire le tellure du tellurure d'argent, en quantités petites ou nécessaires au besoin d'un laboratoire, il n'y a pas de meilleur moyen que de chauffer le tellurure dans un faible courant de chlore. Les chlorures de tellure, de soufre, de sélénium et une trace de chlorure d'antimoine distillent, et l'opération est terminée quand le chlorure d'argent coule limpide. Il se forme là d'abord une combinaison de chlorure d'argent avec le sous-chlorure de tellure récemment découvert par H. Rose, laquelle a l'aspect d'un liquide noir, et laisse dégager du chlorure de tellure volatil à mesure qu'elle absorbe du chlore. Le chlorure de tellure n'est pas très volatil, c'est pour cela qu'il faut disposer l'appareil pour qu'il puisse s'y condenser immédiatement; on peut, par exemple, se servir d'un tube où l'on aurait soufflé deux boules distantes l'une de l'autre de un demi-pouce. Avec l'excès du chlore passent le chlorure de soufre et un peu de chlorure de tellure; aussi doit-on faire passer les gaz dans de l'eau. Le chlorure de tellure que l'on obtient est dissous dans de l'acide hydrochlorique étendu, et l'on précipite le tellure par du sulfite de potasse. Je reviendrai plus tard sur les détails de cette méthode de précipitation. La liqueur retient en dissolution un peu de chlorure d'antimoine que l'on peut précipiter par l'hydrogène sulfuré avec une couleur rouge; il n'y en a cependant que quelques traces. Mais le tellure précipité n'est pas exempt de sélénium.

Une autre méthode praticable en grand dans les en-

Digitized by Google

droits où l'on exploite le tellurure d'argent comme minerai d'argent, serait de chauffer le tellurure d'argent jusqu'à une légère chaleur rouge dans un appareil disposé de façon que l'oxide de tellure pût se séparer de l'argent métallique restant. Cela a réussi très facilement dans une sorte de fourneau à moufle, avec une moufle placée dans une position oblique, en faisant passer dans un long tube l'air qui avait traversé la moufle, afin que la portion d'oxide de tellure entraînée pût se déposer.

J'ai essayé d'autres méthodes, mais je les ai trouvées plus compliquées et plus dispendieuses. J'ai, par exemple, mêlé le tellurure d'argent bien pulvérisé avec du salpêtre et du carbonate de potasse, et chauffé le mélange aussi long-temps qu'il s'est dégagé quelque gaz. Il était nécessaire que le tellurure d'argent fût extrêmement divisé. On y parvient assez facilement en le pilant sans le broyer, et le triturant ensuite dans un mortier avec de l'eau. Pour une partie de tellurure d'argent, j'ai employé une partie de salpêtre et une partie et demie de bicarbonate de potasse. En faisant une expérience sur une grande échelle, on peut employer de la potasse ordinaire calcinée. On a bien mêlé la masse et chauffé doucement, pas tout à fait jusqu'au rouge, et on l'a maintenue à cette température jusqu'à ce que la décomposition fût accomplie, ce qui se manifeste par le changement de la couleur noire en gris mêlé de rouge. J'ai ensuite soumis le sel à la chaleur rouge pour décomposer parfaitement la masse qui est formée alors d'un sel liquide et d'un squelette d'argent poreux et aggloméré. En petit, l'expérience se fait mieux dans un creuset d'argent. Si on

Digitized by Google

emploie un creuset de platine, il se combine un peu d'argent aux parois intérieures. Pour les opérations en grand, le mieux serait de se servir de vases en fonte. La masse que l'on obtient doit être lavée à l'eau chaude. La dissolution est d'abord claire, mais elle devient laiteuse lorsqu'on la chauffe; on la sépare de l'argent par décantation, et on épuise celui-ci avec de l'eau bouillante. Pour l'avoir parfaitement pur, il suffit de le fondre en y ajoutant un peu de salpêtre et de borax. Pour retirer le tellure de la liqueur trouble qui le contient en sacrifiant le moins possible de ses réactifs, on le ramène à un plus grand degré de concentration; on en forme une pâte en y ajoutant du charbon, et cette pâte, après avoir été complétement desséchée, est bien tassée dans un creuset que l'on couvre et que l'on fait rougir pour réduire le tellurure de potassium; on le lessive ensuite et le traite comme on a déjà dit. La quantité de charbon doit être assez grande pour que la masse ne coule pas, car dans ce cas elle passerait par-dessus les bords. Lorsqu'on sature l'alcali avec un acide après qu'on a traité par l'eau bouillante le tellurure d'argent décomposé par le salpêtre et le carbonate de potasse, il ne se précipite qu'une petite portion de l'oxide de tellure; on en obtient davantage en mêlant à la liqueur alcaline du sel ammoniac et évaporant à siccité. En redissolvant le résidu, il reste un sel ammoniacal qui se dissout lentement dans l'eau, mais le tellure l'accompagne dans sa dissolution.

Il y a une autre méthode qui est cependant plus dispendieuse : elle consiste à bien pulvériser le minerai de tellure, le placer dans une cornue munie d'un récipient

Digitized by Google

et à le traiter jusqu'à sa complète oxidation, par de l'acide nitrique un peu fort, exempt d'acide hydrochlorique ; on chasse l'excès d'acide nitrique en évaporant à siccité ; on lave le sel d'argent avec de l'eau, et l'on traite l'oxide de tellure qui reste indissous par le carbonate de potasse et l'huile, comme il a déjà été prescrit. Le résidu de charbon retient ordinairement un peu de tellurure d'argent qui s'est reformé et que l'on doit en retirer.

Précipitation du tellure par l'acide sulfureux.

La dissolution de l'oxide de tellure dans l'acide hydrochlorique possède la propriété de laisser précipiter du tellure réduit lorsqu'on y fait passer à chaud de l'acide sulfureux. Cette méthode que M. Magnus a le premier mise en usage, est, pour les recherches, d'un emploi très commode, parce qu'il y a peu de méthodes qui permettent de précipiter le tellure d'une dissolution d'une manière parfaite en quelque sorte. Mais je ferai bientôt voir que la précipitation du tellure par l'acide sulfureux exige aussi quelques mesures de précaution. Je me sers pour cette opération du sulfite double de soude. On le prépare à peu de frais en saturant du carbonate de cette base d'acide sulfureux que, d'après la méthode de Knezaurek, on fait dégager d'un mélange d'acide sulfurique et de charbon en poudre dont on forme une sorte de gruau consistant. La première condition pour cette précipitation est que la liqueur ne contienne pas d'acide nitrique; autrement le tellure se précipite d'abord il est vrai, mais après quelques instans, le mélange

Digitized by Google

s'échauffe, de l'oxide d'azote se dégage avec efferves-cence, le tellure se redissout, et si le liquide était très concentré ou le vase point assez grand, il s'échappe par-dessus les bords. La liqueur redevenue claire, est de couleur rouge-brun et possède une odeur d'acide nitreux extraordinairement suffocante. La couleur foncée de cette liqueur paraît provenir d'un sel d'oxidule de fer qui retient du gaz oxide d'azote. Si l'on trouve de l'acide nitrique dans la liqueur, ce qu'il y a de mieux à faire est de l'évaporer au bain-marie jusqu'à ce qu'il soit entièrement détruit. Il ne se perd point de chlorure de tellure parce qu'il n'est pas volatil à cette température.

Il faut de plus que la masse soit suffisamment acide. Si l'acide dans la solution est assez saturé pour que le tellure soit précipité lorsque la dissolution de sulfite vient à y être ajoutée, le précipité ne subit pas de décomposition. Plus la liqueur est concentrée, plus vite et plus parfaitement se fait la précipitation. Ordinairement la liqueur encore froide où l'on a fait le mélange reste claire et incolore au premier moment; elle devient ensuite brunâtre et transparente, elle se trouble peu de temps après, et le tellure se précipite. Si, au contraire, la liqueur est chaude, lorsqu'on vient à y ajouter la dissolution saline, la précipitation commence, en donnant à la liqueur une belle couleur bleue vue par transmission, et paraît trouble et grise lorsqu'on la voit par réflexion. Je ne connais point avec certitude la cause de la différence de la couleur dans ces deux circonstances. On pourrait attribuer la couleur grise à un degré inférieur d'oxidation qui se formerait instantanément pour être réduit après complétement; mais nous verrons plus

Digitized by Google

loin que l'on ne peut préparer cet oxide. Probablement le bleu provient de ce que le métal est transparent lorsqu'il est dans un état de division extrême.

Si une dissolution de tellure contient des métaux que ne précipite point l'acide sulfureux, ils y restent non précipités en majeure partie ; mais cependant quelques uns suivent le tellure réduit, parce que les métaux ont une grande affinité pour le tellure ; ils forment avec lui des tellurobases, et l'excès du tellure, au moment de la précipitation, agit en séparant de l'acide une petite quantité de ces métaux. L'argent et l'or se précipitent complétement avec le tellure ; une quantité notable de bismuth est entraînée, et aussi de cuivre ; il se trouve même du fer dans le tellure réduit par l'acide sulfureux. Tous ces métaux restent comme tellurures lorsqu'on distille le tellure dans l'hydrogène. La liqueur précipitée par l'acide sulfureux est rarement exempte de tellure. Après s'être clarifiée à froid, elle se trouble de nouveau à chaud. Cependant, si, dans un état de concentration suffisant, on l'abandonne pendant plusieurs jours avec un excès d'acide sulfureux, dans un flacon bien bouché et placé dans un endroit dont la température se maintienne entre 40 et 50° c., le tellure finit par se réduire complétement. Dans tous les cas, il faut essayer de concentrer encore la liqueur filtrée après la précipitation opérée, jusqu'à ce qu'elle répande des vapeurs abondantes d'acide hydrochlorique, y verser de nouveau du sulfite de potasse, puis laisser digérer le mélange dans un vase couvert. La liqueur ainsi traitée doit être essayée avec l'hydrogène sulfuré, après qu'on en a chassé l'excès d'acide sulfureux, pour savoir si elle ne retenait pas du

Digitized by Google

tellure ou un autre métal que ce gaz aurait eu la propriété de précipiter.

Si l'on chauffe la liqueur précipitée par l'acide sulfureux, assez long-temps pour en chasser tout cet acide, elle se charge bientôt de nouveau de tellure parce que ce métal, dans cet état, absorbe l'oxigène de l'air, étant en même temps en contact avec l'air et un acide libre. Cet effet se produit encore plus facilement en portant le liquide à l'ébullition; elle amène constamment le métal à la surface. Aussi il faut filtrer la liqueur pendant qu'elle possède encore l'odeur de l'acide sulfureux, et ne pas laisser un seul instant le métal sur le filtre sans être submergé par la liqueur, parce qu'alors il y a oxidation et formation de chlorure de tellure; l'on voit alors le liquide qui passe par le filtre troubler celui qui est déjà passé, parce que le métal dissous est de nouveau réduit par l'acide sulfureux. Il faut donc mettre en marche la bouteille à laver avant que toute la liqueur acide se soit abaissée au fond du filtre.

L'acide sulfureux ne précipite pas le tellure sous forme d'une poudre pesante comme celui qui provient de la décomposition du tellurure de potassium par l'air atmosphérique; il forme une masse floconneuse, volumineuse, et qui, en se desséchant, se raccornit considérablement et s'oxide un peu. On ne s'en aperçoit point à la simple vue, mais on le remarque lorsqu'on essaie de le fondre même dans l'hydrogène. Il forme une masse grise scoriacée, qui ne se fond que lorsque la température est assez forte pour mettre aussi l'oxide de tellure en fusion.

Digitized by Google

Séparation du tellure et du sélénium.

J'ai déjà dit que, lorsqu'on précipite le tellure de la dissolution de tellurure de potassium, le sélénium y reste dissous à l'état de séléniure de potassium. C'est un procédé de séparation, mais on ne peut en faire usage, s'il s'agit en même temps de déterminer combien le tellure contient de sélénium. Pour parvenir à ce but, on oxide une quantité déterminée de tellure avec de l'acide nitrique, et on évapore la liqueur à siccité. On dissout le résidu dans un grand excès d'hydrate de potasse pur. On fait passer du chlore gazeux dans cette dissolution jusqu'à complète saturation, ce qui redissout peu à peu le précipité qui s'était d'abord formé. On ajoute alors une dissolution de chlorure de barium, tant qu'il y a précipité. Ce précipité est du séléniate de baryte. Si le tellure contient du soufre, le précipité peut cependant renfermer du sulfate de baryte; c'est pourquoi, lorsqu'on en a déterminé le poids, il faut le chauffer dans un courant d'hydrogène. Le séléniate de baryte se réduit en séléniure de barium avec une vivacité si grande qu'il y a dégagement de lumière. La masse ne change pas d'aspect dans cette opération. Dès qu'il ne se forme plus d'eau, on l'arrête. En traitant alors la masse par de l'acide hydrochlorique étendu, le séléniure de barium se dissout, et il reste du sulfate de baryte. D'ordinaire la liqueur se colore en rouge pâle; cette coloration provient de l'air que contient l'acide hydrochlorique, lequel décompose un peu de gaz hydrogène sélénié; on peut la faire disparaître facilement par l'eau régale et une calcination.

Digitized by Google

Si l'on n'a pas besoin de déterminer la quantité de sélénium, on peut chauffer le métal oxidé par l'acide nitrique, jusqu'à faire fondre l'oxide de tellure. L'acide sélénieux est chassé, et il reste une quantité si minime de sélénium que l'on peut la négliger. On essaie l'oxide de tellure pour le sélénium en le chauffant doucement dans l'hydrogène. L'acide sélénieux se réduit en premier lieu, et en même temps les parties froides de l'appareil se recouvrent d'une couche colorée en rouge.

II. *Propriétés du tellure pur.*

Lorsqu'on fond le tellure dans un vase de verre rempli d'hydrogène et qu'on le laisse lentement refroidir, on obtient un régule d'un vif éclat, analogue à celui de l'argent bruni. La surface en contact avec le verre fait parfaitement miroir. Le reste est recouvert d'une végétation cristalline tout à fait analogue à celle qui se forme lorsqu'on dessèche une dissolution de sel ammoniac sur une plaque de verre. La cristallisation semble appartenir au système régulier; mais lorsqu'on brise le régule et que l'on mesure l'angle des surfaces de cristallisation, on le trouve incompatible avec le système régulier. Si l'on fait fondre au bain de sable dans une coupelle quelques loths (c'est la seizième partie d'une once) de tellure métallique et qu'on le laisse refroidir avec la coupelle, on peut assez facilement, en brisant le régule refroidi, en isoler des cristaux de forme appréciable; mais je laisse à des mains plus habiles le soin d'en déterminer la forme.

Le tellure ne possède pas la moindre malléabilité. On peut le réduire en poudre aussi ténue que l'on veut, de

Digitized by Google

manière à lui faire perdre entièrement son éclat métallique. Si on arrose cette poudre avec de l'eau, elle se couvre d'une pellicule métallique grise et brillante qu'il est difficile de faire aller au fond de l'eau. Elle ressemble sous ce rapport à la poudre de soufre, de sélénium et de silice.

Le point d'ébullition du tellure se trouve à une température à laquelle le verre, de fusibilité ordinaire, devient trop mou pour pouvoir le retenir. Si on le chauffe dans un vase de verre à une bonne chaleur rouge, la panse de la cornue se remplit d'un gaz de couleur jaune, qui ressemble au chlore; il se dépose dans le col de la cornue quelques gouttelettes de tellure qui cependant ne paraissent pas augmenter en soutenant la température rouge pendant plusieurs heures. Dans la distillation précitée du tellure, dans l'hydrogène, il se forme à la place où ce gaz froid est en contact avec la vapeur de tellure, des aiguilles cristallines longues et aplaties; elles n'ont que de la largeur et pas assez d'épaisseur pour que l'on puisse en déterminer aucun angle. On trouve également ces cristaux, mais en moindre quantité, aux endroits où le mélange gazeux sort des parties les plus chaudes du tube. Si l'on chauffe fortement le tellure dans un creuset couvert, il répand, lorsqu'on le découvre, une odeur particulière, désagréable, différente de celle de l'oxide de sélénium et beaucoup plus faible. M. Magnus a déjà observé ce fait. En se refroidissant le tellure se contracte fortement. Et si la surface se solidifie plus vite que l'intérieur, de manière qu'elle ait pu supporter la pression atmosphérique, il se forme des cavités vides d'air dans l'intérieur, que l'on ne découvre que lorsqu'on

Digitized by Google

brise le régule. Souvent ces cavités sont en communication avec la surface. Cette propriété du tellure appartient aussi au sélénium. Elle a de l'influence sur le résultat qu'on obtient en cherchant à prendre sa densité. Müller de Reichenstein l'a trouvée égale à 6,343, Klaproth à 6,115, et Magnus à 6,1379. J'ai fait plusieurs expériences dans lesquelles j'ai employé des régules lentement refroidis ; mais elles m'ont toujours présenté des variations dans les résultats, de sorte que je ne saurais leur accorder beaucoup de confiance. Divers fragmens du même régule ont donné des densités différentes. Ayant trouvé qu'il fallait attribuer cela aux cavités du métal, j'ai tâché d'employer dans mes pesées des parties d'un régule qui avaient été prises dans la largeur d'une grande cavité, particulièrement lorsque celle-ci était en communication avec l'air. Par ce moyen, les résultats ont été plus fixes, mais jamais parfaits. Le tellure qui s'est sublimé en gouttes dans une distillation avec le gaz hydrogène, a une densité de 6,1305, c'est-à-dire moindre que celle qu'on vient de donner, ce qui prouve que ces gouttes ont aussi leurs cavités. Diverses pesées de fragmens pris à un régule qui avait une cavité et dans le voisinage de cette cavité, ont donné les nombres suivans :

6,2324; 6,2516; 6,2445; 6,2578. La moyenne est 6,2455. On est autorisé cependant à prendre le chiffre le plus élevé pour le plus exact, puisque la cause de l'inégalité de ces résultats tend à les donner tous trop faibles.

Digitized by Google

III. *Poids atomique du tellure.*

Dans mon ancien travail sur les poids atomiques des corps simples, j'ai cherché aussi à déterminer celui du tellure, et je l'ai trouvé égal à 806,452. Je trouvai en effet que 100 parties de ce métal, aussi parfaitement purifié que le permettait la connaissance que l'on avait alors de ses propriétés, oxidées par l'acide nitrique, donnaient 124,85 parties d'oxide de tellure calciné, et que cet oxide possédait la propriété de former des sels dans lesquels la base contenait moitié autant d'oxigène que l'oxide de tellure. De là j'avais conclu que ce dernier était formé de deux atomes d'oxigène et d'un atome de radical. Je n'avais point assez de tellure pour confirmer ce résultat par une seconde expérience. Lorsque le sélénium fut reconnu pour un accompagner le tellure, je dus craindre que celui que j'avais employé ne contînt du sélénium, et dans tous les cas, ces anciennes recherches demandaient à être confirmées.

Je me servis de tellure préparé avec du tellurure de potassium et distillé. Je le réduisis en poudre extrêmement ténue que je pesai après l'avoir desséchée sur le bain de sable; je la mêlai avec un peu d'eau dans un creuset de platine pesé, puis j'y ajoutai de l'acide nitrique, et enfin je le plaçai dans un bain-marie recouvert d'un verre de montre, dont la convexité était tournée vers le fond. Après que le tellure se fut oxidé, et que la masse fut devenue blanche, on laissa le verre de montre à sa place jusqu'à ce que les vapeurs, en se condensant, eussent entraîné complétement toutes les particules qui

Digitized by Google

avaient été projetées contre le verre ; celui-ci après avoir été ôté de dessus le creuset, fut desséché à l'air sans laisser la moindre tache ou ternissure. Alors on continua l'évaporation jusqu'à siccité, en tenant un papier au dessus du bain-marie. L'acide nitrique s'évapore si complétement dans cette opération, que la masse exposée à une plus haute température ne perd pas plus d'un demi cent de son poids. La masse desséchée était d'un blanc de neige ; un petit anneau aux parois intérieures du creuset était jaune citron. La couleur jaune disparut par l'action d'une plus haute température, et laissa un oxide blanc de neige, tandis qu'il se dégagea une petite quantité d'acide nitreux. L'oxide de tellure n'a pas été chauffé jusqu'à la chaleur rouge, et a toujours été tenu couvert, de sorte qu'il ne pouvait y avoir de perte par la volatilisation de l'oxide. On a fait une expérience de contre-épreuve dans une cornue de verre, afin de déterminer jusqu'à quel point on peut être certain qu'il ne s'est point volatilisé de tellure oxidé. Voici les détails de l'expérience.

I. 1,2725 gr. de tellure ont donné 1,5895 d'oxide de tellure ; cela fait pour 100 parties de métal, 24,9116 parties d'oxigène qui correspondent au poids atomique de 802,838.

II. 1,5715 gr. de tellure ont donné 1,9635 d'oxide, ou bien, 100 parties de métal ont pris 24,9443 parties d'oxigène ; d'après ce nombre, le poids atomique du tellure serait 801,786.

III. 2,88125 gr. de tellure oxidé dans une cornue de verre, ont laissé 3,600 gr. d'oxide qui correspondent à

Digitized by Google

24,9456 d'oxigène pour 100 parties de tellure, et au poids atomique de 801,74.

La moyenne de ces trois poids atomiques serait de 802,1213. Les nombres fournis par les deux dernières expériences se rapprochent tellement l'un de l'autre, que le mieux sera d'adopter 801,76.

Dans ce que je viens de dire, j'ai admis comme donné que l'oxide de tellure est formé d'un atome de tellure et de deux atomes d'oxigène; nous verrons plus loin se confirmer de nouveau cette assertion. Je dois en outre attirer l'attention sur ce fait, que, dans les combinaisons naturelles du tellure avec l'argent, le bismuth et le plomb, un atome de chacun de ces métaux est uni à un atome de tellure. Du reste nous reviendrons sur la composition des composés de tellure que la nature nous présente.

IV. *Combinaisons du tellure avec l'oxigène.*

Nous n'avons jusqu'à présent appris à connaître qu'un seul degré d'oxidation du tellure. J'ai déjà dit qu'en l'oxidant avec l'acide nitrique, la masse fortement desséchée est jaune citron à ses bords. J'ai perdu beaucoup de temps à chercher le moyen d'en séparer le corps étranger auquel j'attribuais cette coloration citrine. Elle provient d'un degré d'oxidation plus élevé du tellure, qui se forme de cette manière, et seulement en très petite quantité, mais que l'on peut obtenir en abondance suffisante par un autre procédé.

Comme j'étais fondé à soupçonner au tellure des combinaisons correspondantes aux quatre acides du soufre,

Digitized by Google

je me suis efforcé de les produire. Bien que je n'aie réussi que pour l'acide correspondant au sulfurique, je vais cependant rendre compte de mes essais, afin que d'autres puissent choisir d'autres voies avec plus de chances de succès.

1° *Expériences pour produire un degré inférieur d'oxidation du tellure.* On sait que M. Rose a découvert que, lorsqu'on laisse agir le chlore sur un excès de tellure, il se combine avec lui, en formant un composé noir. Il était à croire que s'il pouvait se produire un degré inférieur d'oxidation, cette combinaison de chlore qui, d'après M. Rose, se compose d'un atome de tellure et d'un double atome de chlore, décomposée par l'eau, donnerait cet oxide et de l'acide hydrochlorique. M. Rose a déjà observé que cette décomposition ne peut s'opérer avec l'eau seule. J'ai trouvé que la même chose avait lieu lorsqu'on employait l'alcool, l'acide hydrochlorique ou l'ammoniaque liquide. Je regardai donc comme probable que j'arriverais plus facilement à mon but en décomposant le chlorure par un autre oxide que l'eau. Soupçonnant qu'une fois formé il résisterait à l'action de l'eau, je broyai tant le chlorure simple que le chlorure double de tellure et d'ammonium, soit avec du carbonate de soude anhydre, soit avec de la chaux caustique, afin d'obtenir par ce moyen l'oxide à l'état anhydre. Mais dans tous ces essais, j'obtins évidemment un mélange d'oxide de tellure et de tellure très divisé.

J'ai dissous un sel d'oxide de tellure et de soude dans de l'acide hydrochlorique, j'ai évaporé la plus grande partie de l'acide, saturé le reste avec de l'ammoniaque caustique, desséché la masse et distillé dans une cornue

Digitized by Google

à une douce chaleur. J'ai obtenu un sublimé noir qui était un chlorure double de tellure et d'ammonium. Le résidu salin arrosé d'eau, a laissé une poudre grise insoluble qui, après avoir été desséchée, ne jouissait pas du moindre éclat métallique, lors même qu'on la broyait ou qu'on la brunissait. Dans diverses expériences, je l'ai obtenue plus ou moins grise, et aussitôt que je tentais de priver ce que je pensais être un oxide inférieur de tellure, de l'oxide qui s'y trouvait mêlé, en faisant agir sur lui de l'acide hydrochlorique froid et dilué, j'obtenais pour résultat, et après beaucoup de temps, du métal extrêmement divisé. D'après plusieurs essais sur cette poudre grise, presque noire, je regarde comme vraisemblable qu'elle n'est autre chose qu'un mélange de chloride de tellure basique et de tellure. On peut, en effet, en les broyant ensemble, faire perdre au métal tout son éclat; le mélange vu au microscope présente l'aspect d'un corps évidemment homogène. La même chose a lieu avec le chlorure de mercure et le tellure aussi bien qu'avec le sulfate de baryte, mais non pas avec l'oxide de tellure anhydre et le tellure; on reconnaît toujours dans ce cas la poudre métallique.

Un mélange de dix parties d'oxide de tellure et de huit parties de tellure opéré mécaniquement aussi parfaitement que possible, et porté plusieurs fois à diverses températures, n'a jamais présenté le moindre changement d'aspect qu'on pût attribuer à la formation d'un oxidule. Une combinaison chimique d'oxide de tellure et de soude mêlée avec du tellure et chauffée ensuite doucement, ne s'est point unie à ce tellure, et l'on a trouvé après l'expérience qu'il ne s'était pas formé d'autre degré d'oxi-

Digitized by Google

dation qu'auparavant. Il s'ensuit que s'il existe un autre oxide, il ne se forme pas dans les circonstances ordinaires, et que la méthode convenable à sa formation est encore inconnue.

II. *L'oxide de tellure connu depuis long-temps* manque de la plupart des caractères d'une base; il possède au contraire à un haut degré celui d'un acide. Je pense qu'il est plus exact de l'appeler acide tellureux. L'acide tellureux possède à un haut degré la propriété de former plusieurs modifications isomériques, comme le fait l'oxide d'étain.

Dans un mémoire précédent, j'ai cherché à exposer les raisons qui me faisaient donner un nom aux diverses modifications isomériques, en faisant précéder le nom de l'une d'elles du mot *para*. Je vais m'en éloigner pour le moment, en appelant *a* l'une des modifications, et désignant l'autre par *b*.

Si l'on fait digérer du tellure métallique avec de l'acide nitrique de 1,25 de densité, il se dissout avec dégagement d'oxide d'azote. Lorsque le métal est en poudre, il se dissout aussi rapidement, et l'on voit l'acide tellureux se séparer en flocons blancs et caséeux. Si l'on jette la dissolution dans de l'eau, l'acide tellureux se précipite sous forme d'une masse blanche et volumineuse. En abandonnant au contraire la dissolution à elle-même, il se dépose après un certain temps de l'acide tellureux sous forme d'une croûte blanche et cristalline. Cela se fait très promptement si l'on chauffe la dissolution, et plus lentement à la température ordinaire; plus vite avec une dissolution concentrée que lorsqu'elle est faible. La liqueur acide contient alors très peu d'acide tel-

Digitized by Google

lureux en dissolution, et n'est point précipitée si on la mêle avec de l'eau. L'acide tellureux qui s'est déposé en cristaux prendra le nom de modification *a*, et l'acide qui est précipité par l'eau, celui de modification *b*.

La modification *a* se dépose sous forme d'une croûte, dont les cristaux n'ont point de forme appréciable et régulière. J'en ai obtenu une fois d'assez volumineux pour pouvoir distinguer leur forme à l'aide d'un verre grossissant; elle me sembla octaédrique. Cette modification ne contient dans cet état, ni eau, ni acide nitrique, si ce n'est que mécaniquement adhérent. Elle est incolore et devient d'un blanc de lait lorsqu'on la dessèche parfaitement. Si on l'obtient avec une couleur jaune, et que cette coloration ne provienne pas d'un oxide métallique étranger, c'est que la dissolution contenait une matière organique avec laquelle elle a une aussi grande tendance à se précipiter que les oxides d'étain. Dans ce cas, elle se fonce en la chauffant, puis elle reprend la couleur blanche. Dans un vase à l'abri du contact de l'air, elle conserve sa couleur foncée qui provient de l'action réduisante de la matière organique. Si l'on chauffe fortement l'acide tellureux, il se colore comme la plupart des oxides métalliques; il prend d'abord une teinte jaunâtre, puis jaune foncé; ensuite il fond au rouge naissant en un liquide transparent, jaune foncé, qui, à l'air libre, répand de faibles vapeurs d'acide tellureux. En refroidissant, il se cristallise et présente une masse fortement cristallisée, blanche comme de la neige, qui se sépare facilement du creuset. Si on la fond dans une cornue sur le bain de sable et qu'on l'y laisse refroidir, on l'obtient sous forme d'une masse transpa-

Digitized by Google

rente, à cassure cristalline, que l'on peut réduire avec les doigts en fragmens cristallins. Si l'on fond l'acide tellureux en quantité assez petite pour que, fondu, elle ne présente qu'une goutte à peine microscopique, elle reste après qu'elle s'est refroidie, claire et transparente comme du verre. Au contraire, de plus grosses gouttes cristallisent, et dans un instant deviennent entièrement opaques.

L'acide tellureux est volatil et peut être sublimé, mais beaucoup moins bien que le métal. Avant de fondre, il ne paraît point s'évaporer, du moins il ne donne point de vapeur visible et ne perd rien de son poids. On peut le fondre à une forte chaleur rouge dans un creuset, sans en perdre notablement. L'acide tellureux qui se volatilise lorsqu'on calcine le tellure ou les tellurobases, se dépose contre les corps froids sous forme de sublimé blanc. Je n'ai pas eu l'occasion de le voir cristalliser de cette manière.

L'acide tellureux, dans cette modification, n'a d'abord aucune saveur; mais si on le tient quelques instans sur le bout de la langue, il y produit une saveur métallique extrêmement désagréable. Placé sur du papier de tournesol humide, il le rougit après un contact assez prolongé. Il est peu soluble dans l'eau; et lorsqu'elle en est saturée, elle n'a point de saveur, et ne rougit point le papier de tournesol. En s'évaporant, il laisse pour résidu une couche d'une poudre très fine et extraordinairement pesante. La dissolution se trouble par l'évaporation spontanée. L'acide nitrique faible ou concentré n'en dissout qu'une fort petite quantité. L'acide hydrochlorique le dissout très facilement, l'ammoniaque très difficile-

Digitized by Google

ment, la potasse caustique avec facilité, ainsi que le carbonate de potasse lorsqu'il est aidé de l'ébullition.

La modification *b* se trouve dans le précipité que l'on forme dans du chlorure de tellure ou une dissolution nitrique, en y versant de l'eau, ou bien dans la dissolution de la modification précédente, dans l'alcali, lorsqu'on sature exactement celui-ci par un acide. Cette méthode est la plus sûre pour l'obtenir à l'état de pureté. On pèse une certaine quantité de carbonate de potasse; on fait fondre avec elle la quantité d'acide tellureux qui est nécessaire à la formation d'un sel neutre, on dissout la masse dans de l'eau froide, et on y ajoute une quantité d'acide nitrique suffisante pour saturer exactement l'alcali : un léger excès d'acide n'est point nuisible, mais il dissout une quantité correspondante d'acide tellureux. Il faut bien agiter et laisser reposer la masse pendant quelque temps, afin qu'il ne reste point de quadro-tellurate de potasse indécomposé. L'acide tellureux que l'on obtient, est une masse blanche, volumineuse, floconneuse, dont la saveur est fortement métallique, rougit promptement le papier de tournesol, et se dissout assez bien dans l'eau lorsqu'on la lave. Il faut la laver avec de l'eau aussi froide que possible et la dessécher sans employer la chaleur. Elle a une telle tendance à se changer en la modification *a*, qu'on peut à peine la laver dans un jour d'été, sans que ce changement ne s'effectue; on s'en aperçoit à son agglomération en petits grains cristallins. Si l'on échauffe l'acide à peine desséché, jusqu'à la température de 40° c. environ, il éprouve la transformation et se dissout dans l'eau avec laquelle il était combiné chimiquement. Quelquefois aussi cette combi-

Digitized by Google

naison se forme par le lavage, lors même qu'on a pris toutes les précautions pour l'en empêcher.

L'acide qu'on obtient de cette manière est de l'acide tellureux hydraté. Il se dissout bien plus facilement dans l'eau que la modification *a*. La dissolution a une saveur métallique, rougit le tournesol, et lorsqu'on la chauffe doucement, elle devient laiteuse, laisse déposer la modification *a* en petits grains au bout de quelques instans, et a perdu sa propriété de rougir le papier de tournesol. Livrée à une évaporation spontanée, la dissolution abandonne la plus grande partie de ce qu'elle contient sous forme de la modification *a*, mais elle paraît cependant garder encore quelque chose et former des traces de cristaux déliés. L'acide tellureux se dissout facilement dans les acides, même dans l'acide nitrique; mais cette dissolution donne tôt ou tard la modification *a*, dont la formation est empêchée quand on se sert d'autres acides. Il est précipité par l'eau de ses dissolutions dans les acides un peu concentrés. Dans les alcalis, tant carbonatés que caustiques, il se dissout facilement et instantanément en donnant des tellurites. Ainsi que je le ferai voir plus tard en parlant des sels, ces derniers peuvent être obtenus dans plusieurs degrés de saturation.

D'après des expériences déjà rapportées, la composition de l'acide tellureux est la suivante :

Tellure.....	80,036	801,76
Oxigène	19,964	200,00
	100,000	1001,76

Digitized by Google

III. *Acide tellurique.*

Bien que l'on n'obtienne pas cet acide par la combinaison directe de l'oxigène avec le tellure, il y a plusieurs autres moyens de le former. Voici celui qui le fournit pur avec le plus de facilité. On dissout de l'acide tellureux dans de la potasse caustique, environ autant qu'il en faudrait pour sa complète neutralisation. On fait passer du chlore dans cette dissolution. Après quelques instans, il commence à se former un précipité; on continue à faire passer le chlore jusqu'à ce que ce précipité se redissolve. Alors on mêle au liquide quelques gouttes d'une dissolution de chlorure de barium pour précipiter quelque peu d'acide sulfurique ou sélénique qui s'y trouve, puis on filtre et neutralise la liqueur exactement avec un alcali caustique, de sorte que sa réaction y domine légèrement (on peut se servir de l'ammoniaque); enfin, on ajoute du chlorure de barium tant qu'il y a formation d'un précipité. Ce précipité qui d'abord est volumineux, se rassemble bientôt en une poudre pesante, blanche et grenue, que l'on jette sur un filtre et lave bien avec de l'eau à la glace. Elle n'est pas tout à fait insoluble dans l'eau, c'est pourquoi il faut rapprocher l'eau mère aussi bien que les eaux de lavage, y ajouter un peu d'ammoniaque caustique et laisser refroidir; il s'en dépose alors une nouvelle portion de tellurate, beaucoup moins grande il est vrai.

Maintenant, on peut décomposer le tellurate de baryte de deux manières : soit en le dissolvant dans l'acide nitrique, mêlant la dissolution avec de l'acide sulfurique

Digitized by Google

faible jusqu'à l'entière précipitation de la baryte, filtrant et évaporant au bain-marie jusqu'à ce que tout l'acide nitrique soit expulsé; soit en faisant un mélange de quatre parties de tellurate de baryte sec et d'une partie d'acide sulfurique étendu de six à huit parties d'eau, laissant en digestion jusqu'à ce que la décomposition, qui du reste se fait facilement, soit accomplie, filtrant et évaporant la dissolution. Lorsqu'il ne reste plus qu'une petite partie de la liqueur, on l'abandonne à l'évaporation spontanée, et alors il s'y forme des cristaux prismatiques assez développés, mais rarement réguliers. Un léger excès d'acide sulfurique, qui est ordinairement nécessaire à la complète précipitation de la baryte, reste dans la liqueur et forme une espèce d'eau-mère que l'on peut enlever avec l'alcool. Pour opérer cette séparation, le mieux est de pulvériser les cristaux et de purifier cette poudre par l'alcool; puis de redissoudre l'acide et de l'abandonner à l'évaporation spontanée, si l'on veut l'avoir en cristaux.

On peut aussi convertir l'acide tellureux en acide tellurique par l'oxidation, au moyen du salpêtre. On opère de la manière suivante : on fait un mélange d'acide tellureux et de salpêtre; on le chauffe dans un creuset de platine en le remuant constamment jusqu'à ce que la masse qui d'abord s'était colorée en rouge foncé, se soit fondue peu à peu en un liquide clair et incolore; la température ne doit pas aller plus loin qu'à faire rougir à peine le fond du creuset. Une chaleur plus élevée redécompose une grande partie du sel en tellurite. On pulvérise la masse solidifiée, on la traite par l'eau froide, qui ne dissout pas le tellurate double de potasse. On

Digitized by Google

dissout le sel dans l'eau bouillante, sature la dissolution avec l'ammoniaque caustique, et la précipite, soit par du chlorure de barium, soit par le nitrate de plomb. La dissolution salpétrée contient du tellurate et du tellurite de potasse, et peut aussi être précipitée; mais le précipité renferme de l'acide tellurique mélangé avec beaucoup d'acide tellureux.

Si, après avoir lavé le tellurate de plomb, on le mêle encore humide avec de l'eau, on pourra le décomposer par l'hydrogène sulfuré. On fait passer le gaz dans le liquide jusqu'à ce qu'il ne soit plus absorbé par l'agitation; on y ajoute alors un peu plus de tellurate de plomb, afin de faire disparaître l'odeur du gaz, puis on filtre et évapore. Il faut opérer très promptement, parce que si on laisse agir l'hydrogène sulfuré pendant trop long-temps, surtout à chaud, sur la dissolution d'acide tellurique, il en décompose une partie. Le sel d'oxide de plomb peut aussi être décomposé de la même manière que celui de baryte.

Les cristaux que l'on obtient sont composés d'acide tellurique et d'eau. Pour déterminer leur composition, j'ai fait chauffer une quantité pesée d'acide tellurique dans une petite cornue soufflée à la lampe, à laquelle fut adapté un petit récipient rempli de chlorure de calcium fondu, grossièrement concassé, et un tube abducteur. L'acide tellurique donna d'abord de l'eau et devint jaune; il se changea ensuite en une poudre blanche, qui était de l'acide tellureux; enfin, la chaleur fut élevée au point de le fondre. Il se dégagea de l'oxigène par le tube abducteur du récipient; car un copeau en ignition s'enflammait lorsqu'on le présentait à l'orifice

Digitized by Google

du tube. Pendant l'expérience, tout l'appareil avait perdu 7,0 parties d'oxigène dégagé, sur 100 parties d'acide tellurique cristallisé. La petite cornue avec l'acide avait perdu 30,5 parties, et le récipient s'était chargé de 23,5 d'eau. Dans plusieurs expériences, les résultats ne s'écartèrent pas notablement de ceux-ci. Par conséquent, 100 parties d'acide tellurique en cristaux avaient donné : 69,5 parties d'acide tellureux, 7 parties d'oxigène et 23,5 d'eau. Mais, 69,5 parties d'acide tellureux renferment 13,88 parties d'oxigène, dont 7 est à peu près la moitié; et 23,5 parties d'eau contiennent 20,89 d'oxigène, quantité égale à celle qui entre dans la composition de l'acide tellurique. Il en résulte que le tellure dans l'acide tellurique, prend une fois et demie autant d'oxigène que l'acide tellureux, exactement comme le soufre et le sélénium; que l'acide tellurique est formé d'un atome de tellure et de trois atomes d'oxigène, $\dddot{Te}$, et que l'acide cristallisé est représenté par $\ddot{Te}\ \underline{\dot{H}^3}$.

L'acide tellurique cristallisé possède les propriétés suivantes : il ne cristallise que d'une dissolution assez concentrée, et donne, lorsqu'on l'abandonne à l'évaporation spontanée, de grands cristaux prismatiques. Ce sont des prismes aplatis à six pans, avec un pointement à quatre faces et très obtus. Les cristaux chevauchent souvent en croix; ils se juxtaposent aussi longitudinalement, de sorte qu'ils paraissent striés dans leur longueur. Il cristallise en prismes à huit pans réguliers, mais très petits, tant d'une dissolution concentrée à chaud, que d'une dissolution contenant un excès d'acide sulfurique. Sa saveur n'est point acide, mais seulement mé-

Digitized by Google

tallique, presque semblable à celle du nitrate d'argent; il rougit le papier de tournesol, quoique très faiblement, lorsqu'il est dilué. Il se dissout lentement dans l'eau; mais cependant en assez forte proportion. Une dissolution saturée à + 19°,5, évaporée à siccité, laisse un résidu de 0,38. Il se dissout presque en toutes proportions dans l'eau bouillante. Si l'on évapore au bain-marie; on peut l'obtenir avec la consistance d'un sirop qui, en refroidissant, se prend et se remplit de cristaux. En l'évaporant à siccité complète, au bain-marie, l'acide reste sous forme d'une masse blanche, laiteuse, et sans apparence cristalline. Si on l'arrose alors avec de l'eau, elle commence par se désagréger en flocons demi-transparens, lesquels se dissolvent avec lenteur, si l'on n'a pas recours à l'action de la chaleur. L'alcool anhydre ne dissout pas l'acide tellurique. Lorsqu'il est hydraté, il en dissout d'autant plus qu'il l'est davantage. Dans tous les cas, sa puissance dissolvante n'est que faible; de telle sorte que l'on peut précipiter en grande partie l'acide tellurique de sa dissolution aqueuse concentrée avec de l'alcool à 0,833. Sa dissolution alcoolique n'est point décomposée par l'ébullition; et l'acide, après l'évaporation, reste sans avoir éprouvé d'altération.

L'affinité de l'acide tellurique pour son eau de combinaison est assez grande pour qu'il ne l'abandonne point à 100° c. A 160°, il en perd une partie, et lorsque son poids ne varie plus, la perte s'élève à 15,6 pour cent, ce qui correspond à deux atomes d'eau. Le résidu est par conséquent de l'acide tellurique hydraté, $\ddot{T}e\,\underline{\dot{H}}$. Les cristaux ne perdent point leurs formes avec cette eau, mais en les chauffant, ils prennent une teinte jaune, qui

Digitized by Google

repasse au blanc parfait en refroidissant. L'acide est alors visiblement insoluble dans l'eau froide; il faut pour le dissoudre le réduire en poudre et le faire bouillir pendant quelques instans. Il finit aussi par se dissoudre à la température ordinaire de l'air, sous l'action continue de l'eau.

On peut utiliser ce résultat pour la purification de l'acide tellurique. Après avoir fait évaporer au bain-marie une dissolution de cet acide, on y tient encore pendant deux heures le résidu bien desséché; lorsqu'il s'est refroidi, on l'arrose avec de l'eau; celle-ci s'empare de l'excès d'acide sulfurique employé et d'une très petite portion d'acide tellurique. La plus grande partie se gonfle sans se dissoudre. On peut le laver à l'eau froide, puis le dissoudre dans de l'eau bouillante. Si l'acide tellurique était mêlé avec beaucoup d'acide tellureux, il faudrait plusieurs heures de digestion à 100° pour l'en dégager. La masse a une teinte jaunâtre, qui disparaît après la dissolution de l'acide, et alors l'acide tellureux lourd et blanc se rassemble au fond.

Si l'on expose l'acide tellurique hydraté à une température encore plus élevée, qui s'élève, par exemple, au dessus du point d'ébullition du mercure, mais n'atteigne pas le rouge naissant, le dernier atome d'eau se dégage, et l'acide prend une belle couleur jaune orangé, sans que ses cristaux se déforment. Il est cependant très difficile de modérer assez bien la chaleur pour que la partie de l'acide qui est le plus près de la source de chaleur ne se réduise pas en acide tellureux, réduction que l'on reconnaît plus tard à la couleur blanche de la partie réduite.

Digitized by Google

Le corps jaune ne possède plus les propriétés de l'acide tellurique, il en est une modification isomérique, que nous nommerons modification *a*, parce qu'elle paraît correspondre à celle de l'acide tellureux, ainsi désignée. Elle s'en distingue cependant, en ce qu'elle donne des sels particuliers. Elle a la plus belle couleur jaune possible, lorsqu'elle provient de petits cristaux. Les grands cristaux la donnent plus pâle; il en est de même quand l'acide qui la fournit a été pulvérisée auparavant.

La modification *a* de l'acide tellurique est complétement insoluble dans l'eau, tant froide que bouillante. A l'état de poussière fine, elle se délaye dans l'eau et forme un lait qui s'éclaircit plus tard. Elle est insoluble dans l'acide nitrique, concentré ou étendu, chaud ou froid. Elle n'est point attaquée à froid par l'acide hydrochlorique; bien plus, on peut s'en servir pour séparer un peu d'acide tellureux qui s'est produit dans la préparation de cette modification. Bouillant, l'acide hydrochlorique dégage du chlore en dissolvant l'acide tellureux, mais cependant avec difficulté. Elle ne se dissout point dans la dissolution bouillante de potasse caustique un peu étendue; mais elle s'y dissout bien, lorsque la dissolution est assez concentrée pour se prendre en masse à la température ordinaire de l'air. La solution repasse alors à cet autre état de l'acide, que nous appelons modification *b*. En la faisant chauffer, elle donne de l'oxigène à une température qui n'est pas encore, à beaucoup près, assez haute pour fondre l'acide tellureux qui s'est formé; ce dernier, après le refroidissement, se présente comme une poudre d'un blanc de neige.

Digitized by Google

Les deux modifications de l'acide tellurique fournissent des sels particuliers, dans lesquels la capacité de saturation est égale à 9,067, c'est-à-dire le tiers de leur richesse en oxigène; mais, comme l'acide tellureux, elles forment de préférence des tellurates doubles et quadruples. Si, par exemple, on verse goutte à goutte une dissolution d'un carbonate alcalin dans de l'acide tellurique dissous dans l'eau, il se produit une effervescence et un précipité, absolument comme si l'acide renfermait un corps étranger en dissolution; mais ce précipité est un quadro-tellurate, qui se dissout à grande peine dans l'eau, et encore plus difficilement, lorsque cette eau contient déjà quelque corps en dissolution.

Voici la composition en centièmes de l'acide tellurique et de ses combinaisons avec l'eau.

Acide anhydre.

Tellure.	72,771	801,76
Oxigène	27,229	300,00
	100,000	1101,76

Acide hydraté.

	Avec 1 at. d'eau.	Avec 5 at. d'eau.
Acide tellurique. .	90,745	76,572
Eau.	9,255	23,428

Digitized by Google

IV. *Expériences pour savoir si le tellure donne aussi un acide hypotellurique, renfermant deux atomes de tellure combinés avec cinq d'oxigène.*

Si l'on dissout du tellure dans de l'eau régale, qu'à la dissolution on ajoute un alcali, jusqu'à saturer presque entièrement l'acide, et que l'on fasse digérer pendant quelque temps la dissolution avec le précipité, il se forme dans celui-ci de petits grains cristallins de couleur citrine ; c'est un sel à base alcaline. On a beau prolonger la digestion, on ne parvient pas à convertir en ce sel le reste du précipité ; mais on peut le former en faisant un mélange d'acide tellureux et de salpêtre, que l'on fait chauffer jusqu'à ce que le salpêtre se fonde, et qu'il commence à se dégager de l'oxide d'azote, et maintenant cette température, qui, du reste, est bien au dessous de la chaleur rouge, pendant tout le temps qu'il se dégage du gaz. L'acide tellureux devient plus foncé en couleur et finit par être rouge de sang. Après que la masse est refroidie, on fait dissoudre le sel dans l'eau, et il reste une poudre d'un beau jaune citron et insoluble. Cette poudre est tout à fait insoluble dans l'eau, dans l'acide hydrochlorique froid et concentré, lequel ne dissout qu'un peu d'acide tellureux qui s'y trouvait à l'état de mélange, et enfin, dans l'acide nitrique. Elle est également insoluble dans une dissolution bouillante de potasse caustique ; mais elle se dissout dans de l'hydrate de potasse en fusion.

Si on la chauffe fortement, elle fond en bouillonnant, donne de l'oxigène, et laisse pour résidu du quadro-

Digitized by Google

tellurite de potasse. Lorsqu'on a voulu déterminer par l'expérience la quantité d'oxigène, on l'a toujours trouvée trop petite pour qu'elle pût correspondre à un tellurate. C'est pour cette raison que l'on a cherché si elle ne renfermait pas de l'acide hypotellurique. Pour lui enlever l'acide tellureux qui pouvait lui être mélangé, on l'a fait boullir avec de la potasse, puis avec de l'acide hydrochlorique ; on l'a soumise ensuite à l'analyse. Elle ne contenait pas d'eau de combinaison ; fondue, elle a donné de 5,1 à 5,16 pour cent d'oxigène. Un sel analogue, préparé avec le nitrate de soude, a donné 5,5 pour cent d'oxigène gazeux. Si ce sel eût été un hypotellurate, celui à base de potasse n'aurait pu donner que 4,17 pour cent, et celui à base de soude pas plus de 4,4 pour cent. Au contraire, dans le cas où il aurait contenu de l'acide tellurique, on aurait eu 8,34 ou 8,8 pour cent d'oxigène.

J'ai cherché alors à décomposer le sel par la voie humide. Je l'ai chauffé avec de l'hydrate de potasse et très peu d'eau ; j'ai saturé exactement la dissolution avec de l'acide nitrique et précipité par le chlorure de barium.

Le lavage a dissous une petite quantité du précipité. Il s'est facilement dissous dans l'acide nitrique, et de cette dissolution il ne s'est point séparé d'acide tellureux de la modification *a*, comme cela arrive en traitant de la même manière le tellurite de baryte. On a enlevé la baryte à la dissolution au moyen de l'acide sulfurique, évaporé à siccité au bain-marie, et traité ensuite par de l'eau chaude. Une portion d'acide tellureux n'a pas été dissoute. La solution rapprochée à un certain degré de concentration et mêlée avec de l'eau, a abandonné une

Digitized by Google

autre portion d'acide tellureux ; en filtrant et évaporant ce liquide, on a obtenu des cristaux d'acide tellurique, qui formaient un anneau autour d'une masse blanche pulvérulente. La même chose s'est présentée lorsqu'on a évaporé dans le vide, sur de la potasse caustique, la solution nitrique précipitée par l'acide sulfurique. Le produit pulvérulent était de l'acide tellureux, qui, par son mélange avec l'acide tellurique, s'est maintenu long-temps à l'état de la modification *b*, et qui s'est dissous de nouveau dans une plus grande quantité d'eau, aussi bien que dans l'acide nitrique. Dans une autre expérience, j'ai dissous de l'acide tellureux à la chaleur rouge dans du salpêtre en fusion. Le sel soluble dans l'eau froide, a été décomposé par l'ammoniaque et précipité par le chlorure de barium ; le précipité a été ensuite bien lavé. On l'a alors traité par une quantité d'acide nitrique nécessaire pour la dissolution du tout, et on l'a laissé long-temps digérer à une douce chaleur ; ce qui ne s'est pas dissous a été ensuite jeté sur un filtre. Ce résidu, même humide, était plus difficile à dissoudre dans l'acide nitrique, que le tellurate de baryte, et après avoir été décomposé par l'acide sulfurique et privé par l'évaporation de la plus grande partie de l'acide nitrique, a donné principalement de l'acide tellureux. Dans la première dissolution, je n'ai trouvé au contraire que de l'acide tellurique avec du nitrate de baryte. Si, au contraire, le précipité de baryte est dissous tout d'une fois, au moyen de l'acide nitrique, précipité par l'acide sulfurique et évaporé à siccité, il reste, après qu'on a fait macérer avec de l'eau, la masse floconneuse légèrement jaunâtre, qui, ainsi que je l'ai déjà dit, se décompose

Digitized by Google

lorsqu'on la traite par l'eau bouillante. Je n'ai donc obtenu, par ces essais, qu'un mélange des deux acides, déjà mentionnés ; je n'ai pu réussir à obtenir aucun autre mélange que celui-ci, soit parce que l'acide hypotellurique n'existe pas, soit parce qu'il est décomposé par l'eau ou l'acide nitrique en acides tellureux et tellurique.

L'oxigène du sel jaune analysé ne correspond à aucune combinaison déterminée de quadro-tellurate et de quadro-tellurite de potasse, mais il se rapproche de celui que contiendrait la formule :

$$\dot{K}\,\ddot{T}e^4 + 2\,\dot{K}\,\ddot{T}e^4,$$

auquel cas, la perte en oxigène, dégagé dans la décomposition par fusion, serait, pour le sel de potasse, de 5,48 et de 5,71 pour celui de soude.

(La suite prochainement.)

Ascension au Chimborazo exécutée le 16 *décembre* 1831 (1);

PAR M. BOUSSINGAULT.

Après dix ans de travaux assidus, j'avais réalisé les projets de jeunesse qui me conduisirent dans le Nouveau-Monde. La hauteur du baromètre au niveau de la mer

(1) Extrait du voyage aux volcans de l'équateur.

Digitized by Google

entre les tropiques, avait été déterminée dans le port de la Guayra. La position géographique des principales villes de Venezuela et de la Nouvelle-Grenade se trouvait fixée. De nombreux nivellemens faisaient connaître le relief des Cordillières. J'emportais les données les plus précises sur les gisemens d'or et de platine d'Antioquia et du Choco. Enfin, mon laboratoire avait été successivement établi dans les cratères des volcans voisins de l'équateur; et j'avais été assez heureux pour continuer mes recherches sur le décroissement de la chaleur dans les Andes inter-tropicales, jusqu'à l'énorme hauteur de 5500 mètres.

Je me trouvais à Rio-Bamba, me reposant de mes dernières excursions au Cotopaxi et au Tunguragua. Je voulais contempler à mon aise, rassasier pour ainsi dire ma vue de ces glaciers majestueux qui m'avaient procuré si souvent les émotions de la science, et auxquels je devais bientôt dire un éternel adieu.

Rio-Bamba est peut-être le plus singulier diorama de l'univers. La ville n'a rien de remarquable en elle-même, elle est placée sur un de ces plateaux arides si communs dans les Andes, et qui ont tous, à cette grande élévation, un aspect hivernal caractéristique, qui imprime au voyageur une certaine sensation de tristesse. Sans doute, c'est que pour y parvenir on passe d'abord par les sites les plus pittoresques; et c'est toujours à regret que l'on quitte le climat des tropiques, pour les frimas du nord.

De la maison que j'habitais, je pouvais relever le Capac-Urcu, le Tunguragua, le Cubillé, le Carguairazo, et enfin au nord le Chimborazo. Puis encore plusieurs autres montagnes célèbres des Paramos qui, sans avoir

Digitized by Google

l'honneur des neiges éternelles, n'en sont pas moins dignes de tout l'intérêt du géologue.

C'est un sujet continuel d'observations variées que ce vaste amphithéâtre de neige qui limite de toutes parts l'horizon de Rio-Bamba. Il est curieux d'observer l'aspect de ces glaciers aux différentes heures du jour, de voir leur hauteur apparente, varier d'un moment à l'autre par l'effet des réfractions atmosphériques. Avec quel intérêt ne voit-on pas aussi se produire, dans un espace aussi circonscrit, tous les grands phénomènes de la météorologie? Ici c'est un de ces nuages, immense en largeur, que Saussure a si bien défini par le nom de *nuage parasite*, qui vient s'attacher à la partie moyenne d'un cône de trachyte; il y adhère; le vent qui souffle avec force ne peut rien sur lui. Bientôt la foudre éclate au milieu de cette masse de vapeur, de la grêle mêlée de pluie inonde la base de la montagne, tandis que son sommet neigeux, que l'orage n'a pu atteindre, est vivement éclairé par le soleil. Plus loin c'est une cime élancée de glace resplendissante de lumière; elle se dessine nettement sur l'azur du ciel, on en distingue tous les contours, tous les accidens; l'atmosphère est d'une pureté remarquable, et cependant cette cime de neige se couvre d'un nuage qui semble émaner de son sein, on croirait en voir sortir de la fumée; ce nuage n'offre déjà plus qu'une légère vapeur, il disparaît bientôt. Mais bientôt aussi il se reproduit pour disparaître encore. Cette formation intermittente des nuages est un phénomène très fréquent sur les sommets des montagnes couvertes de neige; on l'observe principalement dans les temps sereins, toujours quelques heures après la

Digitized by Google

culmination du soleil. Dans ces conditions, les glaciers peuvent être comparés à des condensateurs lancés vers les hautes régions de l'atmosphère, pour dessécher l'air en le refroidissant, et ramener ainsi à la surface de la terre, l'eau qui s'y trouvait contenue à l'état de vapeur.

Ces plateaux entourés de glaciers présentent quelquefois l'aspect le plus lugubre; c'est quand un vent soutenu y apporte l'air humide des régions chaudes. Les montagnes deviennent invisibles, l'horizon est masqué par une ligne de nuages qui semblent toucher la terre. Le jour est froid et humide, car cette masse de vapeur est presque impénétrable à la lumière solaire. C'est un long crépuscule, le seul que l'on connaisse entre les tropiques, car sous la zône équatoriale, la nuit succède subitement au jour, on dirait que le soleil s'éteint en se couchant.

Je ne pouvais mieux terminer mes recherches sur les trachytes des Cordillières, que par une étude spéciale du Chimborazo; pour l'étudier, il suffisait à la vérité de s'approcher de sa base; mais ce qui m'a fait franchir la limite des neiges, ce qui en un mot a déterminé mon ascension, ce fut l'espoir d'obtenir la température moyenne d'une station extrêmement élevée. Et, bien que cet espoir ait été frustré, mon excursion, je l'espère, ne restera pas néanmoins sans utilité aucune pour la science.

J'expose ainsi les raisons qui m'ont conduit sur le Chimborazo, parce que je blâme hautement les excursions périlleuses sur les montagnes, quand elles ne sont pas entreprises dans l'intérêt de la science.

Aussi, malgré les ascensions multipliées qui ont déjà

Digitized by Google

eu lieu sur le Mont-Blanc depuis l'époque de Saussure, ce savant célèbre est encore aujourd'hui, pour moi, le seul qui en ait atteint le sommet. Quant à ses imitateurs, nous ne leur devons absolument rien, puisqu'ils ne nous ont rien rapporté qui méritât les dangers d'un tel voyage.

Mon ami, le colonel Hall, qui m'avait déjà accompagné sur l'Antisana et le Cotopaxi, voulut bien encore s'adjoindre à moi pour cette expédition, afin d'augmenter les nombreuses données qu'il possédait déjà sur la topographie de la province de Quito, et continuer ses recherches sur la géographie des plantes.

De Rio-Bamba, le Chimborazo présente deux pentes d'une inclinaison très différente. L'une, celle qui regarde l'Arenal, est très abrupte, et l'on voit sortir de dessous la glace de nombreux pics de trachyte. L'autre qui descend vers le site appelé *Chillapullu*, non loin de Mocha, est au contraire peu inclinée, mais d'une étendue considérable. Après avoir bien examiné les environs de la montagne, ce fut par cette pente que nous résolûmes de l'attaquer. Le 14 décembre 1831, nous allâmes prendre gîte dans la métairie du Chimborazo; nous fûmes assez heureux de trouver de la paille sèche pour coucher et quelques peaux de mouton pour nous garantir du froid. La métairie se trouve à 3800 mètres de hauteur, les nuits sont fraîches et son séjour d'autant plus désagréable que le bois y est fort rare : nous étions déjà dans cette région des graminées (pajonales), que l'on traverse avant d'arriver à la limite des neiges perpétuelles, c'est là que finit la végétation ligneuse.

Le 15 à sept heures du matin, nous nous mîmes en route guidés par un Indien de la métairie. Les Indiens des

Digitized by Google

plateaux sont généralement de très mauvais guides, comme ils s'élèvent rarement à la limite des neiges, ils n'ont qu'une connaissance très imparfaite des chemins qui conduisent vers la cime des glaciers.

Nous suivîmes en le remontant un ruisseau encaissé entre deux murs de trachyte, dont les eaux descendent du glacier; bientôt nous quittâmes cette crevasse pour nous diriger vers Moçha, en longeant la base du Chimborazo. Nous nous élevions insensiblement; nos mulets marchaient avec peine et difficulté, au milieu des débris de roche qui sont accumulés au pied de la montagne. La pente devenait très rapide, le sol était meuble et les mulets s'arrêtaient presque à chaque pas pour faire une longue pause, ils n'obéissaient plus à l'éperon. La respiration de ces animaux était précipitée, haletante. Nous étions alors précisément à la hauteur du Mont-Blanc, car le baromètre indiqua une élévation de 4808 mètres (1) au dessus du niveau de la mer.

Après nous être couvert le visage avec des masques de taffetas léger, afin de nous préserver des accidens que nous avions ressentis sur l'Antisana, nous commençâmes à gravir une arête qui aboutit à un point déjà très élevé du glacier. Il était midi. Nous montions lentement, et, à mesure que nous nous engagions sur la neige, la difficulté de respirer en marchant se faisait de plus en plus sentir; nous rétablissions aisément nos forces en nous arrêtant, sans toutefois nous asseoir, tous les huit ou dix pas. A hauteur égale, je crois avoir remarqué que l'on respire plus difficilement sur la neige, que lorsque

(1) Le Mont-Blanc est élevé de 4810 mètres.

Digitized by Google

l'on se trouve sur un rocher; je chercherai plus loin à en donner l'explication. Nous atteignîmes bientôt un rocher noir qui s'élevait au dessus de l'arète que nous suivions. Nous continuâmes encore à nous élever pendant quelque temps, mais non sans éprouver beaucoup de fatigue occasionée par le peu de consistance d'un sol neigeux qui s'affaissait sans cesse sous nos pas, et dans lequel nous enfoncions quelquefois jusqu'à la ceinture. Malgré tous nos efforts, nous fûmes bientôt convaincus de l'impossibilité de passer en avant; en effet, un peu au delà de la roche noire, la neige meuble avait plus de quatre pieds de profondeur. Nous allâmes nous reposer sur un bloc de trachyte qui ressemblait à une île au milieu d'une mer de neige. Nous étions à 5115 mètres d'élévation. La température de l'air était de 2°,9. Il était une heure et demie. Ainsi après beaucoup de fatigues, nous nous étions seulement élevés de 307 mètres au dessus du point où nous avions mis pied à terre. Je remplis à cette station une bouteille avec de la neige, dans le but de pouvoir faire un examen chimique de l'air renfermé dans ses pores; on verra bientôt dans quel but j'entreprenais cette recherche.

En quelques instans nous étions descendus là où nous avions laissé nos mulets. J'employai quelques momens à examiner cette partie de la montagne en géologue, et à recueillir une suite de roches. A trois heures et demie nous nous mîmes en route. A six heures nous étions rendus à la métairie. Le temps avait été magnifique, jamais le Chimborazo ne nous parut aussi majestueux, mais après notre course infructueuse, nous ne pouvions le regarder sans éprouver un sentiment de dépit. Nous résolûmes de ten-

Digitized by Google

ter l'ascension par le côté abrupte, c'est-à-dire par la pente qui regarde l'Arenal. Nous savions que c'était par ce côté que M. de Humboldt s'était élevé sur cette montagne; on nous avait bien montré de Rio-Bamba le point où il était parvenu, mais il nous fut impossible d'obtenir des renseignemens exacts sur la route qu'il avait suivie pour y arriver. Les Indiens qui avaient accompagné cet intrépide voyageur n'existaient plus.

Il était sept heures quand, le lendemain, nous prenions la route de l'Arenal. Le ciel était d'une pureté remarquable. A l'Est nous apercevions le fameux volcan de Sangay, déjà placé dans la province de Macas, et que près d'un siècle auparavant, la Condamine avait vu dans un état d'incandescence permanent. A mesure que nous avancions, le terrain s'élevait d'une manière sensible. En général, les plateaux trachytiques qui supportent les pics isolés dont les Andes sont comme hérissées, se relèvent peu à peu vers la base de ces mêmes pics. Les crevasses nombreuses et profondes qui sillonnent ces plateaux, semblent toutes diverger d'un centre commun; elles se rétrécissent en même temps qu'elles s'éloignent de ce centre. On ne saurait mieux les comparer qu'à ces fentes que l'on remarque à la surface d'un verre étoilé. A neuf heures, nous fîmes halte pour déjeûner à l'ombre d'un énorme bloc de trachyte auquel nous donnâmes le nom de Pedron del Almuerzo. Je fis là une observation barométrique, parce que j'avais l'espoir d'y observer également vers quatre heures après midi, afin de connaître, à cette élévation, la variation diurne du baromètre. Le Pedron est élevé de 4335 mètres. Nous dépassâmes sur nos mulets la limite des neiges. Nous

Digitized by Google

étions à 4945 mètres de hauteur quand nous mîmes pied à terre. Le terrain devint alors tout à fait impraticable aux mulets; ces animaux cherchaient d'ailleurs à nous faire comprendre avec leur instinct vraiment extraordinaire, la lassitude qu'ils éprouvaient; leurs oreilles ordinairement si droites et si attentives, étaient entièrement abattues, et pendant des haltes fréquentes qu'ils faisaient pour respirer, ils ne cessaient de regarder vers la plaine. Peu d'écuyers ont probablement conduit leur monture à une semblable élévation; et pour arriver à dos de mulets, sur un sol mouvant au delà de la limite des neiges, il fallait peut-être avoir fait plusieurs années d'équitation dans les Andes.

Après avoir examiné la localité dans laquelle nous nous étions placés, nous reconnûmes que pour gagner une arête qui montait vers le sommet du Chimborazo, nous devions d'abord gravir une pente excessivement rapide, qui se présentait devant nous. Elle était formée en grande partie de blocs de roche de toutes grosseurs disposés en talus; çà et là ces fragmens trachytiques étaient recouverts par des nappes de glace plus ou moins étendues; et sur plusieurs points, on pouvait clairement apercevoir que ces débris de roche reposaient sur de la neige endurcie; ils provenaient par conséquent des éboulemens récens qui avaient eu lieu dans la partie supérieure de la montagne. Ces éboulemens sont fréquens, et au milieu des glaciers des Cordillières, ce qu'on a le plus à redouter, se sont des avalanches dans lesquelles il entre réellement plus de pierres que de neige.

Il était dix heures trois quarts quand nous avions laissé nos mulets; tant que nous marchions sur les rochers,

Digitized by Google

nous n'éprouvions pas de grande difficulté, on aurait dit que nous montions un escalier en mauvais état; ce qu'il y avait de plus pénible, c'était l'attention soutenue qu'il fallait avoir pour choisir la pierre sur laquelle on pût poser le pied avec quelque sécurité. Nous reprenions haleine tous les six ou huit pas, mais sans nous asseoir, et souvent même ce repos était utilisé à tailler pour ma collection des échantillons géologiques. Mais aussitôt que nous atteignions une surface neigeuse, la chaleur du soleil devenait suffocante, notre respiration pénible, et par conséquent nos repos plus fréquens, plus nécessaires.

A 11 heures $\frac{3}{4}$, nous achevions de traverser une nappe de glace assez étendue, sur laquelle il nous avait fallu faire des entailles pour assurer nos pas. Ce passage ne s'était pas fait sans danger, une glissade eût coûté la vie. Nous entrâmes de nouveau sur des débris de trachyte, c'était pour nous la terre ferme, et dès lors il nous fut permis de nous élever un peu plus rapidement. Nous marchions en file, moi d'abord, puis le colonel Hall, mon nègre venait ensuite; il suivait exactement nos pas, afin de ne pas compromettre la sûreté des instrumens qui lui étaient confiés. Nous gardions un silence absolu pendant la marche, l'expérience m'ayant enseigné que rien n'exténuait autant qu'une conversation soutenue à cette hauteur; et pendant nos haltes, si nous échangions quelques paroles, c'était presque à voix basse. C'est en grande partie à cette précaution que j'attribue l'état de santé dont j'ai constamment joui pendant mes ascensions sur les volcans. Cette précaution salutaire, je l'imposais, pour ainsi dire, d'une manière despotique à ceux qui

Digitized by Google

m'accompagnaient ; et, sur l'Antisana, un Indien, pour l'avoir négligée en appelant de toute la force de ses poumons le colonel Hall qui s'était égaré pendant que nous traversions un nuage, fut atteint de vertige et eut un commencement d'hémorrhagie.

Bientôt nous eûmes atteint l'arête que nous devions suivre. Cette arête n'était pas telle que nous l'avions jugée dans le lointain ; elle ne portait, à la vérité, que très peu de neige, mais elle présentait des escarpemens difficiles à escalader. Il fallut faire des efforts inouis ; et la gymnastique est pénible dans ces régions aériennes. Enfin, nous arrivâmes au pied d'un mur de trachyte, coupé à pic, qui avait plusieurs centaines de mètres de hauteur. Il y eut un moment visible de découragement dans l'expédition, quand le baromètre nous eut appris que nous étions seulement à 5680 mètres d'élévation. C'était peu pour nous, car ce n'était pas même la hauteur à laquelle nous nous étions placés sur le Cotopaxi. D'ailleurs, M. de Humboldt avait gravi plus haut sur le Chimborazo, et nous voulions au moins atteindre la station à laquelle s'était arrêté ce savant voyageur. Les explorateurs de montagne, lorsqu'ils sont découragés, sont toujours fort disposés à s'asseoir : c'est ce que nous fîmes à la station de la Pena-Colorada (Rocher-Rouge). C'était le premier repos assis que nous nous permettions ; nous avions tous une soif excessive, aussi notre première occupation fut-elle de sucer des glaçons pour nous désaltérer.

Il était midi trois quarts, et cependant nous ressentions un froid assez vif ; le thermomètre s'était abaissé à $0^{\circ},4$. Nous nous trouvions alors enveloppés dans un nuage ; l'hy-

Digitized by Google

gromètre à cheveux indiquait 91° $\frac{1}{2}$. Le nuage s'étant dissipé, l'hygromètre se fixa à 84°. Une humidité aussi forte peut paraître extraordinaire à une aussi grande élévation. C'est cependant ce que j'ai constamment observé sur les glaciers des Andes, et cela me paraît s'expliquer tout naturellement.

Durant le jour, la surface des neiges est ordinairement humide; le rocher de la Pena-Colorada, par exemple, était tout mouillé; l'air ambiant, près du glacier, pouvait donc être saturé de vapeur aqueuse. Sur le Mont-Blanc, Saussure vit son hygromètre se tenir entre 59° et 51°, la température variant de 0°,5 à — 2°3 de Réaumur. Or, il n'est pas rare de rencontrer au niveau même de la mer un semblable état hygrométrique de l'atmosphère. Dans les Cordilières, les grandes sécheresses s'observent sur les plateaux qui atteignent 2000 ou 3500 mètres. A Quito et à Santa-Fé de Bogota, on a vu, comme je l'ai déjà signalé dans un autre travail (1), l'hygromètre de Saussure descendre à 26°.

Les accidens qu'ont éprouvés les personnes qui ont fréquenté les glaciers, surtout l'altération souvent si profonde de la peau du visage, ne saurait donc, selon moi, provenir de l'extrême sécheresse de l'air. Cette altération me paraît due, en grande partie du moins, à l'action d'une trop vive lumière, puisque pour garantir la peau de toute gerçure, il suffit de se couvrir la figure d'un simple crêpe de couleur. Il est évident qu'un tissu aussi léger ne peut garantir la peau du contact de l'air;

(1) **Recherches sur la cause qui produit le goître.** *Annales de Chimie et de Physique.*

Digitized by Google

mais il suffit pour atténuer la forte lumière à laquelle on est exposé, lorsque le soleil darde sur une plaine de neige. On m'a assuré qu'il suffisait de se noircir la figure pour la défendre de cette action fâcheuse de la lumière; je suis d'autant plus disposé à le croire, que le nègre qui m'accompagnait sur l'Antisana, eut comme moi, pour avoir négligé de se masquer, une inflammation terrible aux yeux; toutefois, l'épiderme de son visage ne fut pas attaqué, tandis que chez moi il fut entièrement détruit.

Lorsque le nuage, dans lequel nous étions plongés fut dissipé, nous examinâmes notre situation; en regardant le rocher rouge, nous avions à notre droite un abîme épouvantable; à gauche, vers l'Arénal, on distinguait une roche avancée qui ressemblait à un belvéder; il était important d'y parvenir, afin de reconnaître s'il était possible de tourner le rocher rouge, et de voir en même temps s'il était permis de monter encore. L'accès de ce belvéder était scabreux, j'y parvins cependant avec l'aide de mes deux compagnons. Je reconnus alors que si nous pouvions gravir une surface de neige très inclinée, qui s'appuyait sur une face du rocher rouge opposée au côté par lequel nous l'avions abordé, nous pourrions atteindre une élévation plus considérable. Pour se faire une idée assez nette de la topographie du Chimborazo, qu'on se figure un immense rocher soutenu de tous côtés par des arcs-boutans. Les arêtes sont les arcs-boutans qui, de la plaine, semblent s'appuyer sur cet énorme bloc pour l'étayer.

Avant d'entreprendre ce passage dangereux, j'ordonnai à mon nègre d'aller *essayer la neige;* elle était d'une

Digitized by Google

consistance convenable. Hall et le nègre réussirent à tourner le pied de la position que j'occupais, je me réunis à eux lorsqu'ils furent assez solidement établis pour me recevoir, car pour les rejoindre, il fallut descendre en glissant environ 25 pieds de glace. Au moment de nous remettre en route, une pierre se détacha du haut de la montagne et vint tomber tout près du colonel Hall, il chancela et fut renversé; je le crus blessé, et je ne fus rassuré que lorsque je le vis se relever et examiner avec sa loupe l'échantillon de roche qui s'était si brutalement soumis à notre investigation; ce malencontreux trachyte était identique à celui sur lequel nous marchions.

Nous avancions avec précaution; à droite nous pouvions nous appuyer sur le rocher; à gauche la pente était effrayante, et avant de nous engager en avant, nous commençâmes par bien nous familiariser avec le précipice : c'est une précaution qu'on ne doit jamais négliger dans les montagnes, toutes les fois que l'on doit passer un endroit dangereux. Saussure l'a dit depuis longtemps, mais on ne saurait trop le répéter, et dans mes courses aventureuses sur les sommets des Andes, je n'ai jamais perdu de vue ce sage précepte.

Nous commencions déjà à ressentir plus que nous ne l'avions jamais éprouvé, l'effet de la raréfaction de l'air; nous étions forcés de nous arrêter tous les deux ou trois pas, et souvent même de nous coucher pendant quelques secondes. Une fois assis, nous nous remettions à l'instant même; notre souffrance n'avait lieu que pendant le mouvement. La neige présenta bientôt une circonstance qui rendit notre marche aussi lente que dangereuse; il n'y avait guère que trois ou quatre pouces de neige molle;

Digitized by Google

au dessous se trouvait une glace très dure et glissante ; nous fûmes obligés de faire des entailles dans cette glace afin d'assurer nos pas. Le nègre allait en avant pour pratiquer les échelons : ce travail l'épuisait en un moment ; en voulant passer en avant pour le relever, je glissai, quand heureusement pour moi je fus retenu avec force par Hall et mon nègre ; pendant un instant nous courûmes tous trois un danger éminent. Cet incident nous fit hésiter un moment ; mais prenant un nouveau courage, nous résolûmes d'aller en avant ; la neige devint plus favorable, nous fîmes un dernier effort, et à une heure trois quarts nous étions sur l'arête si désirée. Là, nous fûmes convaincus qu'il était impossible de faire plus, nous nous trouvions au pied d'un prisme de trachyte dont la base supérieure, recouverte d'une coupole de neige, forme le sommet du Chimborazo.

L'arête sur laquelle nous étions parvenus, avait seulement quelques pieds de largeur. De toutes parts nous étions environnés de précipices, nos alentours offraient les acoidens les plus bizarres. La couleur foncée de la roche contrastait de la manière la plus tranchée avec la blancheur éblouissante de la neige. De longues stalagmites de glace paraissaient suspendues sur nos têtes ; on eût dit une magnifique cascade qui venait de se geler : le temps était admirable ; on apercevait seulement quelques petits nuages à l'ouest ; l'air était d'un calme parfait ; notre vue embrassait une étendue immense ; la situation était nouvelle, nous éprouvions une satisfaction des plus vives.

Nous étions à 6004 mètres de hauteur absolue ; c'est,

Digitized by Google

je crois, la plus grande élévation à laquelle les hommes se soient encore élevés sur les montagnes.

A 2 heures, le mercure se soutenait dans le baromètre à 371^{mm}1 (13 pouces 8 lig. $\frac{1}{2}$), le thermomètre du baromètre était à 7°,8 C. A l'ombre d'un rocher, le thermomètre libre indiqua également 7°,8 ; je cherchai, mais en vain, une caverne dans laquelle je pusse prendre la température moyenne de la station. A un pied sous la neige, le thermomètre marquait 0° ; mais cette neige était en état de fusion, et l'instrument devait évidemment signaler la température de la glace fondante.

Après quelques instans de repos, nous nous trouvâmes entièrement remis de nos fatigues ; aucun de nous n'éprouva les accidens qu'ont ressentis la plupart des personnes qui se sont élevées sur les hautes montagnes. Trois quarts d'heure après notre arrivée, mon pouls, comme celui du colonel Hall, battait 106 pulsations dans une minute : nous avions soif, nous étions évidemment sous une légère influence fébrile, mais cet état n'était nullement pénible. La gaîté de mon ami était expansive, il ne cessait de dire les choses les plus piquantes, tout occupé qu'il était à dessiner ce qu'il appelait l'*enfer de glace* qui nous environnait. L'intensité du son me parut atténuée d'une manière remarquable ; la voix de mes compagnons était tellement modifiée, que dans toute autre circonstance il m'eût été impossible de la reconnaître. Le peu de bruit que produisaient les coups de marteau que je donnais à coups redoublés sur la roche, nous causait aussi beaucoup d'étonnement. La raréfaction de l'air produit généralement chez les personnes qui gravissent les hautes montagnes, des effets très mar-

Digitized by Google

qués. Sur la cime du Mont-Blanc, Saussure sentit un malaise, une disposition au mal de cœur; ses guides, qui cependant étaient tous des habitans de Chamouny, éprouvèrent la même sensation. Cet état de malaise augmentait encore lorsqu'il prenait un peu de mouvement ou qu'il fixait son attention en observant ses instrumens. Les premiers Espagnols qui s'élevèrent sur les hautes montagnes de l'Amérique, furent atteints, au rapport d'Acosta, de nausées et de maux d'entrailles. Bouguer eut plusieurs hémorrhagies dans les Cordillières de Quito: le même accident arriva sur le Mont-Rose à M. Zumstein; enfin, sur le Chimborazo, MM. de Humboldt et Bompland, lors de leur ascension du 23 juin 1802, ressentirent des envies de vomir, et le sang sortit de leurs lèvres et de leurs gencives. Quant à nous, nous avions, à la vérité, éprouvé de la difficulté à respirer, une lassitude extrême pendant que nous nous élevions, mais ces inconvéniens cessèrent avec le mouvement; une fois en repos, nous croyions être dans notre état normal; peut-être faut-il attribuer la cause de notre insensibilité aux effets de l'air raréfié, à notre séjour prolongé dans les villes élevées des Andes. Quand on a vu le mouvement qui a lieu dans des villes comme Bogota, Micuipampa, Potoxi, etc., qui atteignent 2600 à 4000 mètres de hauteur; quand on a été témoin de la force et de la prodigieuse agilité des toreadores dans un combat de taureaux de Quito, élevé de 3000 mètres; quand on a vu, enfin, des femmes jeunes et délicates se livrer à la danse pendant des nuits entières dans des localités presque aussi élevées que le Mont-Blanc; là, où le célèbre Saussure trouvait à peine assez de force pour consulter ses instru-

Digitized by Google

mens, et où ses vigoureux montagnards tombaient en défaillance en creusant un trou dans la neige : si j'ajoute encore qu'un combat célèbre, celui de Pichincha, s'est donné à une hauteur peu différente de celle du Mont-Rose, on m'accordera, je pense, que l'homme peut s'accoutumer à respirer l'air raréfié des plus hautes montagnes.

Dans toutes les excursions que j'ai entreprises dans les Cordillières, j'ai toujours éprouvé, à hauteur égale, une sensation infiniment plus pénible en gravissant une pente couverte de neige, qu'en m'élevant sur une roche nue ; nous avons beaucoup plus souffert en escaladant le Cotopaxi, qu'en montant sur le Chimborazo. C'est que sur le Cotopaxi, nous sommes restés constamment sur la neige.

Les Indiens de l'Antisana nous assuraient aussi qu'ils éprouvaient un étouffement (ahogo) lorsqu'ils marchaient pendant long-temps sur une plaine neigeuse ; et j'avoue qu'en considérant bien les incommodités auxquelles Saussure et ses guides furent exposés en bivouacant sur le Mont-Blanc, à la simple hauteur de 3,888 mètres, je suis disposé à les attribuer au moins en partie à l'action encore inconnue de la neige. En effet, ce bivouac n'atteignait même pas la hauteur des villes de Calamarca et de Potosi (1).

Sur les hautes montagnes du Pérou, dans les Andes de Quito, les voyageurs et les mulets qui les portent, éprouvent quelquefois et presque subitement une très

(1) Selon M. Pentland, Calamarca a 4141 mètres de hauteur et Potosi, dans la partie la plus élevée de la ville, 4166 mètres.

Digitized by Google

grande difficulté à respirer ; on assure avoir vu des animaux tomber dans un état voisin de l'asphyxie. Ce phénomène n'est pas constant, et dans beaucoup de circonstances, il paraît indépendant des effets causés par la raréfaction de l'air. On l'observe surtout, lorsque des neiges abondantes couvrent les montagnes et que le temps est calme.

C'est peut être ici le lieu de remarquer que Saussure se trouvait soulagé des incommodités qu'il ressentait sur le Mont-Blanc, lorsqu'une légère bise se faisait sentir. En Amérique, on désigne sous le nom de *soroche*, cet état météorologique de l'air, qui affecte si fortement les organes de la respiration. Soroche, dans la langue des mineurs américains, signifie de la pyrite; ce nom indique assez que l'on a cherché la cause de ce phénomène dans des exhalaisons souterraines. La chose n'est pas impossible ; mais il est plus naturel de voir encore, dans le soroche, un effet de la neige.

La suffocation que j'ai éprouvée plusieurs fois moi-même en gravissant sur la neige, quand elle était frappée par les rayons du soleil, m'a fait supposer qu'il pouvait s'en dégager, par l'action de la chaleur, de l'air sensiblement vicié. Ce qui me soutenait dans cette idée singulière, c'était une ancienne expérience de Saussure, par laquelle il crut reconnaître que l'air, dégagé des pores de la neige, contenait beaucoup moins d'oxigène que celui de l'atmosphère. L'air, soumis à l'examen, avait été recueilli dans les interstices de la neige du col du géant. L'analyse en fut faite par Sennebier, au moyen du gaz nitreux, et en opérant comparativement avec de l'air de Genève.

Digitized by Google

Voici les résultats tels qu'ils sont rapportés par Saussure :

« A Genève, un mélange de parties égales d'air atmosphérique et de gaz nitreux, donna deux fois 1,00. « L'air de la neige, éprouvé de la même manière, « donna une fois 1,85, et l'autre 1,86. Cette épreuve, « qui paraissait indiquer une grande impureté dans cet « air, aurait exigé des expériences pour reconnaître la « nature du gaz qui occupait dans cet air la place de « l'oxigène (1). »

Depuis fort long-temps j'avais le désir de repéter l'expérience de Sennebier ; car en supposant qu'elle fût exacte, en admettant que l'air emprisonné dans la neige des montagnes contînt moins d'oxigène que l'air ordinaire, on concevrait comment cet air impur dégagé par la chaleur du soleil, pouvait, en se répandant dans l'atmosphère, incommoder les personnes qui étaient exposées à le respirer. Ce fut dans cette vue que je remplis une bouteille avec de la neige, sur la station de Chillapullu. Lorsque nous arrivâmes à la métairie du Chimborazo, la neige était totalement fondue, l'eau qui en était résultée occupait environ un huitième de la capacité de la bouteille ; les 7/8 de cette capacité étaient par conséquent occupés par l'air, provenant en grande partie des pores de la neige ; je dis en grande partie, parce qu'en introduisant la neige dans la bouteille, il avait dû y pénétrer nécessairement une quantité très notable d'air atmosphérique. J'analysai avec beaucoup de soin l'air de la neige de Chillapullu, au moyen de l'eudio-

(1) Saussure, *Voyage dans les Alpes*, t. VII, p. 472.

Digitized by Google

mètre à phosphore : 82 parties d'air de la neige ont laissé pour résidu 68 parties d'azote. Ainsi, il y a eu 14 parties d'oxigène absorbées ; cet air contenait en conséquence 0,16 d'oxigène.

Maintenant, si l'on faisait attention que la bouteille, indépendamment de l'air de la neige, devait renfermer aussi de l'air atmosphérique, on sera disposé à voir, dans cette analyse, une confirmation du résultat que Saussure avait obtenu sur le col du géant ; et la difficulté de respirer sur les glaciers, lorsqu'ils sont frappés par le soleil, le soroche des hautes montagnes du Pérou, s'expliquerait, jusqu'à un certain point, en admettant que l'air qui enveloppe un glacier est sensiblement moins pur dans le voisinage de la neige que celui de l'atmosphère.

Le résultat eudiométrique que j'ai obtenu, est sans doute à l'abri de toute objection ; mais je crois qu'il faut encore de nouvelles expériences, pour prouver clairement que l'air que j'ai examiné était bien le même que celui qui existait dans les pores de la neige avant sa fusion. En effet, pour se procurer cet air, il a fallu attendre la fusion de la neige ; le gaz du flacon s'est trouvé en contact avec l'eau peu ou pas aérée, qui était le résultat de cette fusion. Or, l'on sait que dans une semblable circonstance, l'oxigène se dissout plus facilement dans l'eau que l'azote, et que l'air dont l'eau est saturée est toujours plus riche en oxigène que celui de l'atmosphère. L'air qui restait dans le flacon et qui est celui que j'ai examiné, pouvait donc se trouver moins riche en oxigène, quoique dans la réalité, l'air contenu dans la neige eût la composition ordinaire.

Digitized by Google

Telle est l'objection que l'on peut, à la rigueur, faire au résultat que j'ai obtenu. Quant au résultat de Saussure, il faudrait, pour le critiquer, connaître avant tout la méthode employée par cet illustre observateur, pour retirer de la neige l'air qui fut examiné par Sennebier.

Les physiciens qui ont fréquenté les hautes montagnes, s'accordent à dire que la couleur bleue du ciel paraît d'autant plus intense, qu'on atteint une plus grande élévation. Sur le Mont-Blanc, Saussure vit le ciel sous la couleur de bleu de roi le plus foncé (1), et pendant la nuit, dans un de ses bivouacs, sur la même montagne, la lune, suivant ses propres expressions, « brillait du plus grand éclat au milieu d'un ciel d'un « noir d'ébène. » Sur le col du géant, l'intensité de la couleur du ciel était encore très marquée. Saussure avait imaginé un instrument propre à rendre comparatives les observations de ce genre. Sur notre station du Chimborazo, le ciel qui était, à notre arrivée, d'une pureté remarquable, ne nous parut pas avoir une teinte plus foncée que celle sous laquelle nous le voyons à Quito. Cependant, comme j'ai eu, à une moindre élévation, l'occasion de voir le ciel presque complétement noir, je rapporterai simplement les faits tels que je les ai observés.

Lorsque je me trouvai sur le Tolima, le ciel se montra avec sa teinte ordinaire; j'étais à 4,686 mètres de hauteur, par conséquent un peu au dessous des neiges.

Sur le volcan de Cumbul, le ciel me parut d'un bleu

(1) Saussure, *Voyage*, t. VII, p. 321.

Digitized by Google

indigo extrêmement foncé. J'étais alors entouré de neige, car la coupole du volcan est couronnée par un glacier. Je remarquerai que pendant tout le temps que j'employai à monter sur le Cumbul, et tant que je n'avais pas atteint la limite des neiges, cette teinte bleue me sembla beaucoup moins foncée.

Lors de mon ascension sur l'Antisana, avant d'atteindre la neige, le ciel avait sa couleur ordinaire; mais une fois que je fus sur la grande plaine de glace, il me sembla qu'il était noir comme de l'encre. Cette teinte noire fut, pour le nègre qui portait mon baromètre, un sujet de consternation. Le soir, nous fûmes tous deux atteints d'une inflammation aux yeux, qui nous rendit aveugles pendant plusieurs jours.

Enfin, quand je montai sur le Cotopaxi, je m'étais muni, ainsi que mon compagnon de voyage, de besicles à verres colorés; lorsqu'après avoir marché pendant cinq heures sur la neige, nous nous arrêtâmes à 5,719 mètres d'élévation, le ciel, regardé à l'œil nu, ne nous sembla pas plus foncé que celui de la plaine; comme sur le Chimborazo, nous reconnûmes là notre ciel de Rio-Bamba et de Quito. Je ne prétends cependant pas nier que la couleur du ciel ne soit réellement plus foncée sur les hautes montagnes qu'au niveau de la mer; je n'avais pas de cyanomètre : je suis d'ailleurs tout à fait disposé à admettre les résultats généraux obtenus par Saussure, à l'aide de cet instrument. Ce que je veux seulement établir, c'est que cette différence de teintes n'est sensible que par comparaison, et que la couleur noire du ciel, telle qu'on l'observe quelquefois sur les glaciers, est

Digitized by Google

occasionée par une fatigue des organes de la vue, peut-être aussi par un effet de contraste facile à concevoir.

Les montagnards qui accompagnèrent de Saussure dans sa mémorable ascension sur le Mont-Blanc, prétendent avoir vu des étoiles en plein jour : c'était à la montée qui conduit à la cime de la montagne. Saussure, lui-même, ne fut pas témoin de ce phénomène ; son attention était dirigée alors vers d'autres objets ; mais il n'a conservé aucun doute sur l'assertion uniforme de ses guides. Sur le Chimborazo, je puis ajouter sur aucune des montagnes des Andes, sur lesquelles je me suis élevé à des hauteurs bien plus considérables que celle à laquelle Saussure soit jamais parvenu dans les Alpes, je n'ai pu apercevoir les étoiles pendant le jour. Plusieurs fois, et notamment à la station de la Pena-Colorada, je me suis rencontré dans les circonstances les plus favorables pour observer ce phénomène. En effet, je me trouvais à l'ombre et au pied d'un mur de trachyte très élevé.

Pendant tout le temps que nous étions occupés à faire nos observations sur le Chimborazo, le temps s'était maintenu de toute beauté ; le soleil était assez chaud pour nous incommoder légérement. Vers trois heures, nous aperçûmes quelques nuages qui se formaient en bas, dans la plaine ; le tonnerre gronda bientôt, au dessous de notre station ; le bruit était peu intense, mais il était prolongé ; nous pensâmes d'abord que c'était un bramido, un rugissement souterrain. Des nuages obscurs ne tardèrent pas à entourer la base de la montagne ; ils s'élevaient vers nous avec lenteur : nous n'avions pas de temps à perdre, car il fallait passer les mauvais pas

Digitized by Google

avant d'être envahis, autrement nous eussions couru les plus grands dangers. Une chute abondante de neige, ou une gelée qui eût rendu le chemin glissant, suffisait pour empêcher notre retour, et nous n'avions aucune provision pour séjourner sur le glacier.

La descente fut pénible. Après nous être abaissés de 300 à 400 mètres, nous pénétrâmes dans les nuages, en y entrant par la partie supérieure; un peu plus bas, il commença à tomber du grésil, qui refroidit considérablement l'air, et au moment où nous retrouvâmes l'Indien qui gardait nos mulets, le nuage lança sur nous une grêle assez grosse pour nous faire éprouver une sensation douloureuse, lorsqu'elle nous atteignait sur les mains ou dans la figure.

A quatre heures trois quarts j'ouvris mon baromètre au Pedron del Almuerzo, là où le matin à neuf heures j'avais vu le même instrument se tenir à

457^{mm},6 th. 10° c. air 5° 6 c.

A quatre heures trois quarts je trouvai . . . 458^{mm},2 th. 4° 8 c. air 3° 9 c.

Différence . . . . . 000^{mm},6

Il est assez curieux qu'à cette hauteur la variation diurne barométrique ait eu lieu en sens inverse, c'est-à-dire que de neuf heures à quatre heures le baromètre ait monté au lieu de descendre, comme cela arrive constamment entre les tropiques. Cette irrégularité dans la variation diurne barométrique est probablement due à quelque circonstance accidentelle. Je suis d'autant plus disposé à le croire, qu'à la métairie d'Antisana, j'ai

Digitized by Google

trouvé, il est vrai, que ces variations étaient moins étendues que dans la plaine; mais j'ai reconnu aussi qu'elles avaient lieu dans le même sens.

A mesure que nous descendions, une pluie glaciale se mêlait à la grêle. La nuit nous surprit en chemin; il était huit heures quand nous entrâmes dans la métairie du Chimborazo.

Les observations que j'ai pu recueillir pendant cette excursion, tendent toutes à confirmer les idées que j'ai émises ailleurs, sur la nature des montagnes trachytiques qui forment la crête des Cordillières; car j'ai vu se répéter sur le Chimborazo tous les faits que j'ai déjà signalés en traitant des volcans de l'équateur. Il est évidemment lui-même un volcan éteint. Comme le Cotopaxi, l'Antisana, le Tunguragua, et en général, les montagnes qui hérissent les plateaux des Andes, la masse du Chimborazo est formée par l'accumulation de débris trachytiques, amoncelés sans aucun ordre. Ces fragmens trachytiques, d'un volume souvent énorme, ont été soulevés à l'état solide; leurs angles sont toujours tranchans; rien n'indique qu'il y ait eu fusion, ou même un simple état de mollesse. Nulle part, dans aucun des volcans de l'équateur, on n'observe rien qui puisse faire présumer une coulée de laves: il n'est jamais sorti de ces cratères que des déjections boueuses, des fluides élastiques, ou des blocs incandescens de trachyte plus ou moins scorifié, et qui souvent ont été lancés à des distances considérables.

La base du Chimborazo est formée par un plateau, que l'on peut étudier avec détail dans le torrent voisin de la métairie. Ici encore, j'ai pu reconnaître que le tra-

Digitized by Google

chyte n'était nullement stratifié, mais bien fendillé dans tous les sens. Cette roche est à pâte feldspathique, généralement d'une couleur grise, renfermant du pyroxène et des cristaux de feldspath semi-vitreux.

Le trachyte se relève vers le Chimborazo; il présente des crevasses souvent considérables, qui sont d'autant plus larges et d'autant plus profondes, qu'elles s'approchent davantage de la montagne : on dirait que le Chimborazo, en se soulevant, a fait bomber le plateau qui lui sert de base.

La roche trachytique, qui constitue en grande partie le terrain de la province de Quito, offre peu de variété. Les blocs entassés confusément qui forment les cônes volcaniques, sont semblables, par leur nature minéralogique, à la roche dont leur base est formée. Ces cônes, ces montagnes saillantes, ont sans doute été soulevés par des fluides élastiques qui se sont fait jour sur les points de moindre résistance. Le trachyte brisé en une infinité de fragmens, a surgi à la surface, soulevé qu'il était par les vapeurs qui se dégageaient. Après l'éruption, la roche brisée a dû nécessairement occuper un volume plus considérable; tous les fragmens n'ont pu rentrer à la place d'où ils étaient sortis; ils se sont amoncelés au dessous de l'orifice par lequel le dégagement des fluides s'était effectué. C'est précisément ce qui arriverait, si, après avoir percé un puits profond dans une roche dure et compacte, on voulait le combler avec les déblais qui en seraient sortis; bientôt l'excavation se trouverait remplie, et en continuant à déposer les déblais, suivant une ligne qui passerait par l'axe du puits, on formerait au dessus de son ouverture un cône qui

Digitized by Google

serait d'autant plus élevé que le puits aurait atteint lui-même une plus grande profondeur. C'est ainsi que je conçois que se sont formés le Cotopaxi, le Tunguragua et le Chimborazo, etc.

Les fluides élastiques, en s'ouvrant un passage au travers de la croûte trachytique, après l'avoir brisée, ont pu mettre la surface du sol en communication avec des vides considérables, existant à une plus ou moins grande profondeur. On conçoit alors que les fragmens, soulevés d'abord, ont pu ensuite s'affaisser et se loger dans ces excavations. Ainsi, au lieu d'un cône s'élevant au dessus du point d'éruption, il a dû se produire une concavité à la surface du terrain. C'est ainsi que je comprends les dépressions si remarquables que présente le cratère du Rucupichincha, et le lac vert de la soufrière de Tuquerès, dont j'ai donné plus haut une description étendue.

Je considère donc l'apparition des cônes trachytiques des Cordillières, comme postérieure au soulèvement de la masse des Andes; ce ne sont pas cependant les soulèvemens les plus récens qui ont eu lieu dans ces montagnes. Dans les voisinages des pics les plus élevés, et je puis citer le Cayambé, l'Antisana, le Chimborazo, on observe des monticules encore composés de fragmens, mais d'une roche qui diffère déjà sensiblement du trachyte ordinaire. Elle est noire, porphyrique; sa pâte, qui enchâsse des cristaux de feldspath vitreux, est colorée par du pyroxène. Les cristaux feldspathiques sont assez rares, et souvent on croirait voir un basalte. Je n'y ai cependant jamais rencontré de péridot. Quelquefois cette roche est compacte et disposée en prisme; quelque-

Digitized by Google

fois aussi, elle est scoriforme, remplie de vacuoles; on la prendrait pour une lave, si elle couvrait un espace un peu étendu; mais alors elle se présente toujours en morceaux, qui atteignent rarement la grosseur du poing. Cette matière a évidemment surgi à une époque très récente. A la Chorrera de Pisque, près Ibarra, on en voit une belle colonnade reposer sur une alluvion. Dans la ferme de Lyseo, cette roche, à l'état fragmentaire, s'est ouvert un passage à travers le trachyte en le soulevant. C'est là que M. de Humboldt a cru voir une coulée, sortie de l'Antisana. J'ai discuté dans un autre chapitre les raisons sur lesquelles je me fonde pour ne pas partager l'opinion de mon illustre ami.

Le volcan éteint de Calpi, placé à la base du Chimborazo, est encore composé de cette espèce de basalte. Nous le visitâmes lors de notre retour à Rio-Bamba.

Au milieu du sol sablonneux qui occupe toute la plaine de Rio Bamba, on remarque, près du village de Calpi, une butte d'une couleur foncée; c'est le Jana-Urcu (la montagne noire). Dans la partie inférieure du monticule on aperçoit du trachyte sortant de dessous le sable; il est de même nature que celui qui, à quelque distance, supporte le Chimborazo. Ce trachyte paraît avoir été fortement tourmenté; il est rempli de crevasses et fendillé dans tous les sens. La pente du Jana-Urcu, qui regarde Calpi, est formée par de petits fragmens de la roche noire: cet amas de fragmens rappelle tout à fait l'éruption pierreuse de Lysco. Il paraîtrait même, qu'au Jana-Urcu, cette éruption s'est faite postérieurement au dépôt de sable qui nivelle la plaine; car sa surface, dans

Digitized by Google

les environs du volcan, est jonchée de ces pierres noires scoriformes.

Nos guides, qui étaient des Indiens du Calpi, nous conduisirent à une crevasse, où l'on entendait distinctement le bruit d'une cascade souterraine : à en juger par l'intensité du bruit, la masse d'eau qui l'occasionait devait être considérable.

L'aridité du sol, depuis Latacunga jusqu'à Rio-Bamba, m'avait plusieurs fois frappé d'étonnement. Je me demandais comment les glaciers, les montagnes élevées, qui dominent ce terrain, ne donnaient pas naissance à de nombreux torrens. La sécheresse de ce plateau est seulement superficielle. Il paraît certain que les eaux des montagnes, après avoir pénétré dans ce terrain perméable, circulent à plus ou moins de profondeur dans l'intérieur du sol. La cascade souterraine de Jana-Urcu en est déjà une preuve; et sur plusieurs points, en descendant dans les gorges profondes qui sillonnent le terrain alluvial du plateau, on voit sortir au jour des sources souvent très abondantes. Tout près de Latacunga, entre cette ville et le Cotopaxi, il existe une source que l'on a rencontrée en creusant à quelques mètres de profondeur, dans le conglomérat ponceux; elle est nommée par les Indiens Timbo-Pollo. Dans la réalité, c'est un véritable cours d'eau souterrain; l'eau se renouvelle sans cesse, et l'on aperçoit très distinctement le sens du courant.

J'ai trouvé sa température de 18° 8 c. La température moyenne de Latacunga est de 15° 5 c.

Le 21 décembre nous étions de retour à Rio-Bamba, où je restai encore quelques jours pour terminer les observations que je m'étais imposées.

Digitized by Google

Le 23 décembre, dans l'après midi, je quittai Rio-Bamba, en me dirigeant sur Guayaquil, où je devais m'embarquer pour visiter la côte du Pérou. Ce fut en vue du Chimborazo que je me séparai du colonel Hall. Pendant mon séjour dans la province du Quito, j'avais joui de sa confiance et de son amitié; sa connaissance parfaite des localités m'avait été de la plus grande utilité, et j'avais trouvé en lui un excellent et un infatigable compagnon de voyage; tous deux enfin, nous avions servi pendant long-temps la cause de l'indépendance. Nos adieux furent touchans; quelque chose semblait nous dire que nous ne devions plus nous revoir. Ce funeste pressentiment n'était que trop fondé. Quelques mois après, mon malheureux ami fut assassiné dans une rue de Quito.

Sur l'Ordre de tendance des Oxides pour les Acides, et les Applications qui en découlent;

PAR J. PERSOZ,
Professeur à l'Académie de Strasbourg.

Ce sujet, traité par M. Gay-Lussac, a reçu le cachet de son génie, et par conséquent cet habile chimiste n'a laissé à ceux qui pourraient l'étudier plus tard, que le soin de vérifier par quelques faits particuliers et additionnels, les propositions générales, qu'il a développées dans son mémoire, inséré dans le t. XLIX des *Annales de Chimie*. L'auteur après avoir démontré :

Digitized by Google

1° Que les oxides se déplacent mutuellement l'un par l'autre;

2° Que l'affinité des métaux pour l'oxigène n'entre pour rien dans le pouvoir précipitant d'un oxide;

3° Que le degré d'oxidation d'un oxide fait varier l'affinité d'un oxide pour un acide;

4° Que l'affinité particulière d'un oxide pour un acide exerce une influence, mais qu'elle se trouve limitée.

L'auteur résume toutes ces propositions dans le paragraphe suivant:

« Il paraît donc en général que, toutes circonstances « restant d'ailleurs les mêmes, les substances qui neu- « tralisent mieux les acides que d'autres, peuvent pré- « cipiter ces dernières de leurs dissolutions. » Faisant une application des connaissances qu'il avait acquises, relativement au pouvoir précipitant des oxides, M. Gay-Lussac, est parvenu à la purification de plusieurs sels, par des moyens excessivement simples; et en même temps a fait ressortir tout le parti qu'on pourrait tirer de ses expériences, pour l'analyse chimique. Aussi tous les faits particuliers qui se rattachent à cet ordre de phénomènes, et qui ont été observés postérieurement à la publication du mémoire cité plus haut, n'ont été que la conséquence logique des principes établis par M. Gay-Lussac; et par cela même, ceux que je vais avoir l'honneur d'exposer, ne sont-ils encore qu'une déduction de ces principes.

Dans les expériences dont il sera question plus loin, j'ai eu pour objet d'établir autant que possible l'ordre de tendance des bases salifiables pour un acide, comme l'avait déjà fait M. Gay-Lussac, pour quelques oxides;

Digitized by Google

afin de pouvoir arriver à la solution d'un problème qui m'occupe depuis long-temps, et que je ne pouvais résoudre sans connaître exactement le rang qu'un oxide devait occuper par rapport à un autre, lorsque deux oxides, ou un plus grand nombre, se trouvaient en présence d'un acide, et que la quantité de ce dernier était insuffisante pour les saturer tous.

Ce problème peut-il être résolu d'une manière absolue? Je ne le pense pas; surtout, si laissant de côté les phénomènes de déplacement des acides par les bases, ou des bases par les acides; toutes les réactions, en un mot, qui rentrent dans les lois que nous a léguées l'immortel auteur de la statique chimique, on vient à envisager les faits qui se trouvent en dehors de ces lois, lesquels ne peuvent recevoir d'explication plausible, ni par la force de cohésion, ni par celle de l'électricité, à moins que d'admettre des modifications sans nombre, dans l'une ou l'autre de ces forces, que l'on aura adoptée, pour expliquer les effets produits. C'est ainsi que nous avons vu pendant long-temps s'opérer la décomposition du carbonate potassique par la chaux. Nous étions loin de penser que la quantité d'eau, venant à varier, un phénomène inverse pourrait se produire. C'est ce que nous a habilement démontré M. Liebig, dans son intéressante remarque à ce sujet, laquelle m'a permis à mon tour d'établir les conditions exactes de la décomposition du sel marin par la chaux, en présence de l'acide carbonique; car toutes les fois que l'on dépasse les limites de la quantité d'eau nécessaire, c'est d'abord la chaux qui se carbonate, et dans le cas contraire, la soude.

Si le nombre de ces faits, ou de ceux qui sont de ce

Digitized by Google

genre, était limité, on pourrait peut-être, pour les autres dont nous connaissons les lois, établir quelques propositions absolues, pour les cas relatifs à l'affinité d'un acide pour une base; mais, comme l'expérience nous fait voir chaque jour, et surtout à mesure que nous nous attachons à mieux connaître toutes les conditions qui peuvent présider à la combinaison des corps, qu'il est peu de réactions établies entre deux corps, et dans une circonstance donnée, qui ne puissent se produire en sens inverse, pour peu que l'on fasse varier les conditions ou le mode d'expérimentation, nous ne donnerons pas à nos résultats une interprétation trop absolue, et elle sera toujours relative aux conditions sous l'influence desquelles nous opérerons.

Ce Mémoire ayant pour objet d'établir l'ordre des oxides par rapport à l'acide nitrique, et à l'acide hydrochlorique, sous l'influence de l'eau, j'ai étudié successivement l'action d'un oxide sur une dissolution nitrique ou hydrochlorique d'une autre base, en ayant la précaution de spécifier l'acide, car nous verrons que l'ordre des oxides, établi par rapport à l'acide nitrique, n'est pas toujours le même que celui affecté par ces oxides en présence de l'acide hydrochlorique.

J'ai commencé par ces acides, parce qu'ils étaient les seuls qui ne m'offrissent que peu ou point de phénomènes particuliers, dépendant de l'insolubilité de leurs composés avec les bases, et qu'en outre, ils s'emploient communément dans l'analyse, pour attaquer les différens métaux que renferme un minerai.

Le rang de chaque base salifiable alcaline me semblait déterminé pour les acides; mais comme il n'en

Digitized by Google

était point ainsi pour moi des oxides compris dans les autres sections, j'ai dû commencer une série d'expériences pour constater, les oxides une fois dissous dans l'un ou l'autre de ces deux acides, quels seraient ceux d'entre eux qui auraient le pouvoir de se déplacer, et dans quel ordre cela aurait lieu.

L'oxide cuivrique, par la manière dont il sature les acides, se trouvant sur la limite intermédiaire qui sépare les bases salifiables qui neutralisent le mieux les acides, de celles qui les saturent le moins bien, il m'a semblé qu'en le faisant agir sur des dissolutions métalliques, faites par l'acide nitrique ou hydrochlorique, je parviendrais à opérer une division plus ou moins nette des oxides. Il est évident que les dissolutions des oxides qui jouent le rôle de bases plus puissantes, ne peuvent être altérées par l'oxide cuivrique, tandis que, en présence de dissolutions formées par des bases moins énergiques, il devra s'emparer de l'acide, et précipiter l'oxide. En conséquence, j'ai fait bouillir de l'oxide cuivrique obtenu par la calcination du nitrate, avec les dissolutions suivantes:

Nitrates		Chlorures	
—	magnésique.	—	magnésique.
—	manganeux.	—	manganeux.
—	glucinique.	—	ferreux et ferrique.
—	aluminique.	—	cobaltique.
—	céreux.	—	niccolique.
—	uranique.	—	zincique.
—	cobaltique.	—	aluminique.
—	niccolique.	—	glucinique.
—	zincique.	—	uraneux et uranique.

Digitized by Google

Nitrates cadmique.	Chlorures stanneux et stannique.
— ferrique.	— cuivreux et cuivrique.
— chromique.	— chromique.
— mercureux.	— antimonique.
— mercurique.	— bismuthique.
— argentique.	— mercurique.
— plombique.	
— bismuthique.	

Toutes ces dissolutions, mises successivement en contact avec l'oxide cuivrique, furent portées à l'ébullition, et maintenues à ce degré de température, pendant dix minutes; après quoi, on les versa sur des filtres. La filtration opérée, on examina les liqueurs. Un certain nombre d'entr'elles n'avaient subi aucun changement, et bien qu'elles eussent été en présence d'un excès d'oxide cuivrique, on n'y trouvait pas trace de ce dernier en dissolution. D'autres, au contraire, étaient entièrement décomposées, et c'est en vain que par les réactifs les plus certains, on rechercha l'oxide primitivement dissous; il ne se trouva plus dans la liqueur, que l'oxide cuivrique, qui avait pris la place du premier.

Les dissolutions qui ne furent point altérées par l'oxide cuivrique, sont:

Nitrates magnésique.	Chlorures magnésique.
— argentique.	— manganeux.
— manganeux.	— mercurique.
— cobaltique.	— zincique.
— niccolique.	— cobaltique.
— céreux.	— niccolique.
— zincique.	— ferreux.

Digitized by Google

Nitrates plombique.	Chlorures céreux.
— cadmique.	— uraneux.
	— cuivreux.

Les dissolutions qui furent décomposées sont :

Nitrates aluminique.	Chlorures stanneux.
— glucinique.	— stannique.
— uranique.	— antimonique.
— chromique.	— bismuthique.
— ferrique.	— ferrique.
— bismuthique.	— chromique.
— mercureux.	— uranique.
— mercurique.	— aluminique.
	— glucinique.

Il en résulte deux divisions auxquelles j'assignerai des lettres, afin d'éviter toute espèce de confusion. La première recevra la lettre *A*, et la seconde la lettre *B*.

Il ne s'agissait plus maintenant que de savoir quelle était la place respective de chacune des bases, composant les séries *A* et *B* ; mais avant d'aller plus loin, j'ai voulu m'assurer par expérience, si un des oxides pris au hasard dans la série *A* déplacerait à son tour ceux renfermés dans la série *B*. Pour cela, j'ai fait bouillir de l'oxide plombique et de l'oxide zincique, avec l'une ou l'autre des dissolutions *B*, et les oxides en ont toujours été précipités, comme cela avait eu lieu d'abord par l'oxide cuivrique, pourvu toutefois qu'on ait eu la précaution d'employer le même acide dans les deux conditions d'expérimentation.

N'ayant plus de doute sur le rang que devaient occu-

Digitized by Google

per les oxides de la série *A*, par rapport à ceux de la série *B*, j'ai essayé d'assigner un rang à chaque oxide renfermé dans ces sections. Dans ce but, j'ai pris de nouveau les dissolutions de la série *A*, qui n'avaient point été décomposées par l'oxide cuivrique, pour les faire bouillir avec de l'oxide plombique obtenu par la calcination du plomb, au contact de l'air. Cet oxide devait opérer une nouvelle séparation, puisque les oxides de la série *A* ne saturent pas également les acides. Ne le remarquons-nous pas d'une manière frappante, dans les dissolutions de nitrate d'argent et de cobalt, qui peuvent exister dans un état de saturation bien différent.

Les dissolutions dont les oxides n'ont point été précipités par l'oxide plombique sont :

Nitrates magnésique,
— argentique,
— cobaltique,
— niccolique,
— céreux,
— cadmique ?
— manganeux.

Celles, au contraire, qui furent décomposées en totalité ou en partie, sont :

Nitrates cadmique ?
— cuivrique,
— manganeux.

Relativement à la dissolution cadmique, on remarque qu'elle appartient aux deux sous-divisions de *A*, car

Digitized by Google

l'oxide cadmique n'est précipité qu'en partie par l'oxide plombique.

Pour constater la présence du cadmium dans la liqueur, j'ai précipité le plomb par le sulfate sodique, puis l'oxide cadmique par l'acide sulfide-hydrique; et pour séparer, dans le précipité, l'oxide cadmique de l'oxide plombique, on a traité ce précipité par l'acide sulfurique. Le sulfate cadmique, étant soluble dans l'eau, a pu être séparé par la filtration du sulfate plombique insoluble.

Il importe maintenant de s'arrêter sur des faits qui méritent quelque attention. D'abord celui de la non-altération des dissolutions des nitrates zincique, cobaltique et niccolique par l'oxide plombique, paraît en quelque sorte opposé au principe émis par M. Gay-Lussac, que l'oxide qui saturera le mieux un acide déplacera toujours les oxides qui satureront le moins bien le même acide. Certes, si nous examinions l'état de saturation des dissolutions de ces oxides, et que nous le comparions avec la dissolution d'oxide plombique, à laquelle nous pouvons même retrouver un caractère alcalin, quand l'oxide est en excès, nous n'hésiterions pas à établir *à priori*, que les oxides ci-dessus devraient être déplacés de leurs dissolutions au moyen de l'oxide plombique; et nous serions d'autant plus disposé à le croire, que, nous laissant guider par l'analogie qui existe entre l'oxide d'argent et l'oxide de plomb, nous trouvons que le premier en contact avec les dissolutions d'oxides manganeux, zincique, cobaltique et niccolique, les précipite et prend leur place. Cependant les expériences précédentes démontrent que l'oxide plombique est sans action sur les dissolutions mentionnées.

Digitized by Google

Doit-on conclure de là, que le principe posé par M. Gay-Lussac soit en défaut, et que le phénomène de déplacement des oxides les uns par les autres, doive recevoir une autre explication que celle qu'il en a donnée? Non, car cette exception n'en sera plus une, lorsque étudiant le sujet avec plus d'attention encore, nous pourrons découvrir la cause de cette anomalie apparente. Cette cause, nous la trouvons particulièrement dans la tendance qu'a l'oxide plombique à former avec l'acide nitrique, des sels basiques insolubles, ou excessivement peu solubles. Nous connaissons, en effet, plusieurs sels formés par l'acide nitrique, et par l'oxide plombique, qui se produisent toujours, lorsque du nitrate de cette base, ou de l'acide nitrique, se trouvent en présence d'un excès d'oxide plombique; tandis que, des sels basiques correspondans, n'ont point encore été obtenus avec les oxides zincique, cobaltique et niccolique.

Pour que l'oxide plombique, employé en quantité proportionnelle, pût déplacer l'un ou l'autre de ces oxides, il faudrait qu'il eût sur eux une action bien prononcée, ce qui ne peut être, puisqu'il se trouve à peu près sur la même limite. Or, si une action pouvait avoir lieu de sa part, sur les dissolutions dont il vient d'être question, ce ne serait qu'autant qu'il se trouverait en excès suffisant pour balancer la force que lui opposerait l'oxide qu'il tend à déplacer. Mais, par cela seul qu'il devrait être en excès, son action, s'il pouvait en exercer une, serait incontinent annulée, parce que, à mesure qu'une portion de nitrate plombique prendrait naissance, le pouvoir de l'oxide plombique pour déplacer les oxides zincique, cobaltique ou

Digitized by Google

niccolique, éprouverait une diminution de toute l'énergie que ce même oxide a pour son nitrate, avec lequel il se combine si facilement. Il pourrait cependant se faire que, dans l'hypothèse de la formation du nitrate basique, ce dernier pût réagir sur ces dissolutions, et en précipiter les oxides. Il serait d'autant plus naturel de le supposer qu'un des sous-sels, le nitrate bibasique est un peu soluble à chaud, et que l'oxide de plomb dans cet état, semble dans les conditions les plus favorables pour agir sur l'acide nitrique. Malgré cela, l'expérience m'a prouvé que ce sous-sel, à froid, comme à chaud, était sans action. Conséquemment, il reste démontré que si les oxides zincique, cobaltique, niccolique et plombique, sont en présence de l'acide nitrique, mais en quantité insuffisante pour les dissoudre tous, ce sera toujours l'oxide plombique qui deviendra libre, en vertu de sa tendance à former un sous-sel; et à l'appui de ce que nous avançons, nous citerons l'expérience suivante: Ayant fait bouillir pendant quinze à vingt minutes, de l'oxide de zinc obtenu par la calcination de ce métal à l'air, avec une dissolution de nitrate plombique, on a filtré la liqueur, et par le refroidissement, cette dernière a laissé déposer des paillettes cristallines, ayant l'aspect nacré, qui, recueillies sur un filtre, lavées et desséchées, se sont trouvé formées d'après l'analyse, de

1 at. acide nitrique $\dot{N}$	=	677,02
2 at. oxide plombique $2\,Pb$.	=	2789,00
1 at. eau $H^2\,O$	=	112,43
		3578,45

Digitized by Google

L'eau que ce sel renferme, n'en a jamais pu être séparée sans l'altérer.

Si l'eau fait donc partie de ce composé, comme tout porte à le croire, il diffère en cela du sel bibasique, qui est décrit dans les ouvrages de chimie, comme sel anhydre.

L'oxide manganeux n'est pas déplacé de sa dissolution nitrique par l'oxide plombique, ou s'il l'est, ce n'est que partiellement d'abord, et au moyen d'actions successives, dont l'une s'effectue en raison de la tendance qu'a l'oxide manganeux à passer à l'état de suroxide manganique, lorsqu'il rencontre de l'oxigène libre, et l'autre, par l'équilibre qui tend à s'établir entre les deux bases, par rapport à l'acide nitrique.

Nous savons, d'après les travaux de M. Gay-Lussac, que deux bases également puissantes, ou à peu près, tendent à se partager mutuellement l'acide en présence duquel elles se trouvent. Dès lors, si l'une n'a pas une énergie marquée sur l'autre, les corps resteront en présence sans agir, à moins que de nouvelles forces n'interviennent. Dans le cas où l'oxide plombique sera sans action sur le nitrate manganeux, ce ne pourra être que quand ces corps étant en équilibre, seront à l'abri du contact de l'air, qui, à lui seul, peut le rompre. Quand donc l'air aura accès sur le mélange, son oxigène fera passer une partie de l'oxide manganeux à l'état de suroxide insoluble qui se précipitera. L'équilibre sera rompu, et le déplacement de l'oxide manganeux cessera, jusqu'à ce que l'oxide plombique ait balancé la force que lui oppose l'oxide manganeux resté en dissolution, et que celui-ci soit de nouveau en position de pouvoir agir sur

Digitized by Google

l'oxigène de l'air. Au moyen de l'intervention de ces forces successives, on comprend que tout l'oxide manganeux puisse être précipité.

Il est probable que l'oxide ferreux se comporterait de la même manière que l'oxide manganeux, si, comme ce dernier, il pouvait exister en présence de l'acide nitrique; mais puisque cet acide lui cède instantanément son oxigène, on ne peut vérifier cette proposition.

La différence qui existe dans la manière dont se comportent les oxides zincique, cobaltique et niccolique avec l'oxigène, et celle de l'oxide manganeux, en présence du même corps, explique suffisamment pourquoi, on n'obtient pas avec les dissolutions nitriques de ces trois oxides, et l'oxide plombique, des phénomènes analogues à ceux que donne la dissolution d'oxide manganeux, dans les mêmes circonstances. Car, bien que ces oxides produisent également des suroxides, leurs protoxides n'ont pas, à un degré semblable, le pouvoir de s'unir à l'oxigène. Et par conséquent, la tendance que pourrait avoir un de ces oxides pour l'oxigène, ne serait jamais assez grande pour rompre l'équilibre qui s'établirait entre les deux oxides, et l'acide nitrique.

Classification des oxides.

L'oxide magnésique mis en contact avec les dissolutions des nitrates manganeux, argentique, niccolique, cobaltique, zincique et céreux, en précipite les oxides par l'ébullition, ce qui lui assigne le premier rang parmi les oxides compris dans la division *A*.

L'oxide argentique, chauffé avec les dissolutions des

Digitized by Google

oxides mentionnés plus haut, à l'exception de la dissolution magnésique, précipite tous ces oxides, et se place par cette raison à la suite de l'oxide magnésique.

L'oxide manganeux peut être partiellement déplacé au moyen des oxides zincique, cobaltique et niccolique, en présence de l'air, parce que, à mesure que la liqueur approche du point de saturation, l'oxigène intervient, du suroxide manganique prend naissance, et se précipite.

L'oxide zincique n'altère nullement les dissolutions des nitrates cobaltique, niccolique et céreux; il vient donc à la suite de ces trois derniers.

L'oxide cobaltique précipite les oxides niccolique et céreux. Ce dernier est également précipité par l'oxide niccolique; en conséquence, nous adoptons l'ordre suivant, pour la classification des oxides, dont les dissolutions ne sont point altérées par l'oxide plombique :

Oxides magnésique,
— argentique,
— cobaltique,
— niccolique,
— céreux,
— zincique,
— manganeux.

L'oxide plombique déplace l'oxide cuivrique, et partiellement l'oxide cadmique. L'oxide cadmique déplace l'oxide cuivrique, d'où il résulte que ces oxides, en contact avec l'acide nitrique, doivent être rangés dans l'ordre suivant : oxide plombique, cadmique et cuivrique.

Maintenant que, par des expériences, nous avons pu classer les oxides compris dans la série *A*, lorsqu'ils

Digitized by Google

étaient en présence de l'acide nitrique, nous exposerions celles sur lesquelles nous nous sommes appuyés pour arriver aux mêmes résultats, lorsqu'il s'agissait de l'acide hydrochlorique, si ce n'était en quelque sorte répéter ce que nous avons dit plus haut, pour ce qui est relatif aux oxides, en présence de l'acide nitrique. Nous passerons donc sous silence toutes les expériences qui nous ont servi à classer les oxides de la série *A*, en présence de l'acide hydrochlorique, pour nous borner à les ranger d'après le rang que nous avons cru pouvoir leur assigner, en faisant remarquer que les oxides qui peuvent se suroxider, modifient leur ordre de tendance, de même que cela a eu lieu sous l'influence de l'acide nitrique. La faculté qu'ont les chlorures de s'unir entre eux, peut aussi influencer des réactions.

Tableau des oxides de la série *A*, par rapport à l'acide hydrochlorique :

1 Oxides magnésique,
2 — cobaltique,
3 — niccolique,
4 — mercurique,
5 — céreux,
6 — zincique,
7 — manganeux,
8 — ferreux,
9 — uraneux, } (1).
10 — cuivreux, }

(1) Il nous a été très difficile de classer ces deux oxides en raison de leur prompte altération au contact de l'air ou des corps qui peuvent leur fournir de l'oxigène.

Digitized by Google

Examen des oxides appartenant à la série B, en présence de l'acide nitrique.

Nous avons déjà vu, qu'en faisant bouillir ces dissolutions avec de l'oxide cuivrique, ce dernier en précipitait tous les oxides, et prenait leur place. Le même phénomène eut lieu, lorsqu'à de l'oxide cuivrique, l'on substitua de l'oxide plombique ou zincique, qui, comme nous l'avons établi, appartient à la série *A*. Des expériences inverses donnèrent des résultats négatifs, quand toutefois on avait employé le même acide. Ainsi, des dissolutions de nitrates, plombique, cuivrique et niccolique, ne furent nullement altérées lorsqu'on les fit bouillir avec de l'oxide aluminique, ferrique, uranique ou mercurique.

Pour établir l'ordre de chacun de ces oxides, on a fait bouillir avec de l'oxide aluminique, les dissolutions suivantes contenant : les nitrates, glucinique, uranique, mercureux, mercurique, chromique, ferrique et bismuthique. Toutes furent décomposées, à l'exception de la dissolution de nitrate glucinique, dont la base ne pouvait être précipitée par l'alumine, puisque cette dernière est toujours déplacée par la glucine dans ses composés salins.

L'oxide uranique précipite de leurs dissolutions nitriques bouillantes, les oxides mercureux, mercurique, chromique, ferrique et bismuthique.

L'oxide mercurique déplace les oxides ferrique et bismuthique; et ce dernier l'est à son tour par l'oxide ferrique; par conséquent, l'ordre de tendance de ces oxides pour l'acide nitrique, nous paraît être le suivant :

Digitized by Google

Oxides glucinique,
— aluminique,
— uranique,
— chromique,
— mercureux,
— mercurique,
— ferrique,
— bismuthique.

Examen des oxides appartenant à la série B, en présence de l'acide hydrochlorique.

Dans cette série, l'oxide stanneux occupe le premier rang, car sa dissolution n'est nullement altérée par l'alumine et la glucine. Quant aux autres oxides qui la composent, leur ordre est sensiblement le même que pour l'acide nitrique. Voici, d'après nos expériences, la place que nous leur assignons :

Oxides stanneux,
— glucinique,
— aluminique,
— uranique,
— chromique,
— ferrique,
— stannique,
— bismuthique,
— antimonique.

Les oxides mercureux et mercurique n'occupent pas le même rang, en présence des acides nitrique et chlorhydrique, comme on l'a vu par les tableaux pré-

Digitized by Google

cédens. Nous en trouvons la cause, d'une part, dans l'insolubilité du chlorure mercureux, et de l'autre, dans l'état de saturation différente des dissolutions de nitrate et de chlorure mercurique, qui n'agissent pas également sur la teinture de tournesol. On pourrait encore pour l'oxide mercurique en trouver la raison dans l'action qu'exercent certains chlorures sur les composés salins de cet oxide, action qui est indépendante des phénomènes de déplacement que nous avons observés jusqu'à présent. Quoi qu'il en soit, lorsque l'oxide mercurique est en présence de l'acide nitrique, il se place à côté des oxides indifférens, tandis que, lorsqu'il se trouve en contact avec l'acide chlorhydrique, il prend au contraire rang parmi les bases salifiables les plus puissantes. C'est pourquoi une dissolution de nitrate mercurique est décomposée à chaud par l'oxide zincique, et une dissolution de chlorure mercurique ne l'est pas dans les mêmes circonstances. Le chlorure manganeux est aussi décomposé par l'oxide mercurique, et cependant le nitrate n'est point altéré par cet oxide. Ces phénomènes ont-ils pour unique cause, le pouvoir qu'ont les oxides de neutraliser inégalement les acides? Je ne le crois pas, car indépendamment de l'action particulière qu'un oxide peut avoir sur un acide, cas où il se forme un sel insoluble, l'action d'un oxide sur l'autre, soit qu'ils agissent en se combinant, ou en se cédant mutuellement une portion de leur oxigène, peut encore déterminer un changement.

Les chlorures ferreux et manganeux sont décomposés par l'oxide mercurique; et cela, non parce que ce dernier neutralise mieux les acides, mais parce qu'il peut

Digitized by Google

céder une partie de son oxigène à ces oxides, et les faire passer à l'état de suroxide qui, étant insoluble, se précipite.

Le suroxide plombique, étant chauffé avec les dissolutions précédentes, en précipitera les bases à l'état de suroxide. Dans ce cas, l'action est bien moins prompte, en raison du peu de solubilité du chlorure plombique, qui se forme pendant la réaction.

Les chlorures cobaltique et niccolique, chauffés avec l'oxide mercurique, ne se décomposent pas, car j'en ai fait bouillir pendant une demi-heure, sans pouvoir les précipiter. Cependant, après une longue ébullition, l'action était partielle, et limitée à la formation d'un composé double de chlorure et d'oxide mercurique.

Maintenant qu'il nous a été possible de classer une partie des oxides métalliques, et de leur assigner un rang par rapport aux acides nitrique et hydrochlorique, voyons, quand ils seront en présence de ceux-ci, quel parti on en pourra tirer pour l'analyse qualitative ou quantitative, ainsi que pour le traitement de certains minerais.

M. Gay-Lussac, comme on le peut voir dans son mémoire ci-dessus mentionné, s'est servi avantageusement de la propriété que possèdent certains oxides, d'en déplacer d'autres, pour opérer la séparation :

1° De l'oxide ferrique, d'avec l'oxide zincique, au moyen d'un excès de ce dernier ;

2° Celle de l'oxide ferreux, d'avec l'oxide ferrique, par l'oxide cuivrique ;

3° De l'oxide ferrique, d'avec l'oxide cuivrique, par un excès de ce dernier ;

Digitized by Google

4° Enfin, la séparation des oxides zincique et cuivrique au moyen de l'oxide argentique.

Nous allons à notre tour indiquer des méthodes pour l'analyse des oxides, qui, nous l'espérons, ne seront pas sans intérêt pour ceux qui s'occupent de recherches analytiques, d'autant plus qu'elles pourront faciliter l'extraction de certains oxides, dans le traitement des minerais qui les renferment.

Comme cas particulier, nous proposerons en premier lieu, la séparation de deux ou plusieurs oxides, dont les dissolutions ne précipitent pas, par l'acide sulfhydrique, au moyen d'un oxide, qui pourra en isoler un ou plusieurs, mais qui devra posséder lui-même la propriété d'être précipitable par l'acide sulfhydrique. En second lieu, celui de deux ou plusieurs oxides précipitables par l'acide sulfhydrique avec un oxide qui ne l'est pas étant en contact avec cet agent. On peut donc arriver aux séparations suivantes :

1° De l'oxide ferrique, d'avec l'oxide manganeux, par l'oxide cuivrique, et de l'oxide ferreux d'avec l'oxide manganeux, en faisant passer ce premier à l'état d'oxide ferrique, qui devient précipitable par l'oxide cuivrique;

2° Des oxides cobaltique, niccolique, zincique et céreux, d'avec les oxides uranique, ferrique, chromique et aluminique, par l'oxide cuivrique;

3° De l'oxide ferreux et chromique, en dissolution dans l'acide chlorhydrique, par l'oxide cuivrique. La séparation de l'oxide ferrique peut s'effectuer de la même manière, en le faisant passer à l'état d'oxide ferreux au moyen de l'acide sulfhydrique;

4° De l'oxide cobaltique et niccolique, d'avec l'oxide

Digitized by Google

manganeux, en faisant bouillir les chlorures avec de l'oxide mercurique (1);

5° De l'oxide cadmique et bismuthique par l'alumine;

6° De l'oxide stanneux et stannique par l'alumine;

7° Des oxides stanneux et antimonique par l'alumine.

Enfin, il est un problème d'analyse qualitative qui, au premier abord, ne laisse pas que de présenter quelques difficultés. Celle entr'autres d'arriver à la connaissance d'un mélange d'oxides, dont les dissolutions n'étant point précipitées par l'acide sulfhydrique, le sont au contraire par le sulfhydrate ammonique. Ce mélange peut renfermer tous les oxides suivans : oxides, *aluminique*, *céreux*, *uraneux*, *uranique*, *zincique*, *cobaltique*, *niccolique*, *ferreux*, *ferrique*, *manganeux*, *chromique*, *titanique* et *vanadique*.

Lorsque, comme l'ont fait quelques chimistes, on en retranche un petit nombre, parce qu'ils se rencontrent rarement, la question se trouve singulièrement simplifiée; mais en admettant tous les oxides, que nous avons démontrés pouvoir faire partie du précipité, il n'y a qu'une méthode qui m'ait conduit jusqu'à présent à quelques résultats satisfaisans. Elle est fondée sur la différence qui existe dans la nature du précipité, formé par le sulfhydrate ammonique versé dans les dissolutions dont il vient d'être fait mention. On sait qu'avec certai-

(1) On a toujours fait usage d'oxide mercurique obtenu par la calcination du nitrate. En général, pour ce genre d'expériences, il faut se méfier des oxides préparés par la décomposition d'un sel au moyen de la potasse ou de la soude, parce qu'il est difficile d'enlever totalement l'excès de ces bases par les lavages.

Digitized by Google

nes dissolutions, il y a formation de sulfure métallique, et qu'avec d'autres, l'oxide se précipite en même temps que le gaz sulfhydrique se dégage. Or, puisque d'après Rose, ces oxides cessent d'être précipitables, lorsqu'on ajoute à leurs dissolutions de l'acide tartrique, il est évident qu'en ajoutant préalablement cet acide ou un tartrate, à la dissolution renfermant tous les oxides, et versant ensuite du sulfhydrate ammonique, ce dernier ne peut précipiter que les dissolutions avec lesquelles il forme des sulfures. Mais, outre l'inconvénient d'être dans l'obligation de brûler l'acide tartrique, pour continuer de nouvelles séparations des oxides, cette méthode a encore celui de ne pas séparer complétement le nickel, etc., ce qui m'a conduit à faire usage de l'oxide cuivrique, qui précipite également bien les oxides aluminique, uranique, chromique, titanique et vanadique. Il les sépare ainsi des autres oxides, qui composent le groupe sus-mentionné.

Quoiqu'il paraisse inutile de multiplier les exemples de ce genre, puisque, dans un cas d'analyse, il suffit, pour être guidé dans l'emploi d'un oxide, de consulter les tableaux que nous avons donnés, nous ne croyons pas pouvoir passer sous silence l'application de ces méthodes au traitement de la cérite et de la pechblende, dont on ne sépare que difficilement, ou d'une manière dispendieuse, le fer qui accompagne les deux oxides que renferment ces minerais.

Digitized by Google

Traitement de la cérite (1).

Dissolution du minerai dans l'eau régale. Évaporation de la liqueur à siccité pour séparer l'acide silicique. Traitement par l'eau, et filtration de la liqueur, que l'on fait bouillir ensuite avec l'oxide cuivrique, qui précipite l'oxide ferrique. La liqueur filtrée de nouveau, on sépare le cuivre par l'acide sulfhydrique, puis on peut en précipiter l'oxide céreux.

Traitement de la pechblende.

La dissolution de ce minerai étant opérée, on en sépare tout ce qui est précipitable par l'hydrogène sulfuré. On fait bouillir la liqueur avec un peu d'acide nitrique, afin de transformer tout l'urane en oxide uranique. Lorsque ce résultat est obtenu, on ajoute à la liqueur de l'oxide cuivrique. On fait bouillir le tout ensemble; les oxides uranique et ferrique sont précipités. On les redissout de nouveau dans l'acide nitrique, et on fait bouillir la dissolution avec de l'oxide mercurique. L'oxide ferrique se trouve précipité, tandis que l'oxide uranique reste en dissolution avec les oxides cuivrique et mercurique. Étendant d'eau la liqueur, et y faisant arriver un courant de gaz sulfhydrique, on en précipite ces deux oxides, et l'oxide uranique reste seul.

On peut substituer dans ce traitement, l'oxide plom-

(1) M. Demarçay fils vient de faire paraître un travail fort intéressant sur la séparation des oxides, dans lequel il expose aussi une nouvelle marche pour l'extraction de l'oxide céreux.

Digitized by Google

bique à l'oxide cuivrique. Il réussit également bien. Par l'une ou l'autre de ces méthodes, j'ai constamment trouvé des traces de cobalt, dans les échantillons de pechblende, que j'ai soumis au traitement, ce qui n'arrive pas toujours lorsqu'on sépare le fer de l'urane, au moyen du carbonate ammonique, parce que ces oxides y sont également solubles, et que le cobalt y est en si petite quantité, qu'il reste inaperçu.

Ce travail devrait embrasser tous les oxides qui peuvent se dissoudre dans l'acide nitrique, ou à défaut, dans l'acide chlorhydrique; mais la difficulté qu'on éprouve à se procurer plusieurs d'entre eux, m'oblige à n'examiner pour le moment que ceux sur lesquels j'ai pu opérer. Je n'ai pas voulu non plus me servir des analogies qu'ils peuvent offrir, pour leur assigner un rang, que l'expérience pourrait un peu plus tard ne pas admettre.

Dans un second Mémoire, j'espère faire connaître la manière dont se comportent les autres acides, en présence des oxides, ainsi que les modifications curieuses qui surviennent dans l'ordre des oxides, par l'intervention des acides arsenieux, phosphorique et para-phosphorique. Ces derniers acides ne se rencontrent que trop souvent dans l'analyse, soit qu'ils existent déjà dans un minerai, ou qu'ils aient été formés par l'oxidation des radicaux qui leur donnent naissance. Je m'attacherai aussi à établir ce que deviennent les oxides en se précipitant l'un par l'autre, s'ils forment ou non des combinaisons entre eux; cette dernière proposition pouvant éclaircir plusieurs points de la fabrication des toiles peintes, où des combinaisons de ce genre jouent un rôle important.

Digitized by Google

Notice sur l'Ouragan qui ravagea l'île de Ténériffe dans le mois de novembre de l'année 1826;

Par M. S. Berthelot.

Les journaux anglais ont fait mention dans le temps du terrible ouragan qui ravagea une partie de l'archipel des Canaries vers la fin de l'année 1826. Mais ce qu'ils en ont dit alors ne se rapportait guère qu'aux pertes que ce désastre occasiona; ce qui pouvait le plus intéresser sous le rapport scientifique fut tout à fait négligé. Le gisement des montagnes, l'inclinaison de leurs versans, la situation des cols et des plateaux supérieurs, la direction des ravins, en un mot tous les accidens du sol, furent autant de causes qui influèrent plus ou moins durant ce phénomène. La notice que je vais exposer ici sera fondée sur ces considérations; je donnerai d'abord un aperçu de la structure de Ténériffe, car le Teyde, dont le pic s'élève au dessus des nuages, en exerçant une attraction puissante sur l'atmosphère qui l'entoure, attira sur cette île la principale réaction de l'ouragan qui la ravagea. Je ferai connaître ensuite les phénomènes qui se manifestèrent durant la crise.

Le pic de Teyde est presque circonscrit par des montagnes très élevées dont l'enchaînement a été rompu en divers points par les révolutions physiques qui ont bouleversé la surface de l'île. L'espace renfermé par les grands fragmens de ces monts trachytiques est désigné dans le pays sous le nom de *canadas* (gorges), et c'est

Digitized by Google

à peu près du milieu de cette enceinte volcanique que s'élève le Teyde encore fumant au dessus des ruines qui encombrent sa base.

Pour que l'on puisse bien se représenter la situation de cette région culminante, je donnerai ici les hauteurs respectives des principales stations.

L'élévation des sommets de la chaîne centrale, au dessus du niveau de la mer, varie depuis 1250 jusqu'à 1555 toises. Le sol des Canadas s'élève insensiblement des bords de son enceinte jusqu'à la base du pic et varie depuis environ 1200 jusqu'à..... 1400 toises.

La pointe du pic s'élève au dessus du sol des Canadas de..... 500

La hauteur absolue du pic de Teyde, d'après Borda, est par conséquent de..... 1905

Les gorges des Canadas occupent un espace borné d'un côté par la base du pic, et de l'autre par les pentes intérieures des montagnes centrales. Cette espèce de plateau, sillonné dans tous les sens par les torrens de lave qui débordèrent du Teyde, constitue lui-même un cratère primitif d'environ cinq lieues de diamètre. Cet immense cirque est ouvert maintenant en plusieurs endroits par les ruptures, les affaissemens qui ont démembré ses anciens boulevarts, et ces grandes brèches se trouvent précisément dans la direction des vallées côtières et des autres lieux sur lesquels les torrens, formés par l'orage, dans la nuit du 6 au 7 novembre 1826, se précipitèrent avec le plus d'impétuosité. Il faut remarquer que la pente est nécessairement très forte sur les versans extérieurs des montagnes centrales; car, sur un rayon qui n'excède pas deux lieues et $\frac{1}{2}$, l'île s'élève brusquement depuis le

Digitized by Google

bord du rivage jusqu'à 1555 toises au dessus. Dans certains endroits, ces grandes pentes n'offrent qu'un talus déchiré par les ravins; mais dans d'autres, ce sont des assises superposées qui bordent des plateaux d'une inclinaison plus ou moins rapide. Vers la pointe de Teno, ces assises s'échelonnent jusqu'aux crêtes des montagnes côtières, et se prolongent en terrasses étroites et escarpées.

La vallée d'Orotava, dans le district de Taoro, est située sur la côte nord de Ténériffe; celle de Guimar lui est diamétralement opposée, de manière qu'elles sont séparées par un des groupes des montagnes centrales. Un des passages par où l'on parvient ordinairement dans les gorges des Canadas, débouche au dessus de la vallée d'Orotava; c'est la grande brèche qui est désignée dans ma carte sous le nom de Portillo de la Villa, et par laquelle affluèrent les masses d'eau qui vinrent inonder la vallée.

Les montagnes qui bornent le fond de la vallée de Guimar, n'offrent point de défilé semblable à celui du côté opposé; il existe bien, dans l'endroit appelé *los Roques*, une demi-rupture qui a fortement accidenté le terrain, mais cette gorge volcanisée par l'éruption de 1705, n'arrive pas jusqu'à la crête des monts que l'on désigne par *la Cumbre;* pour y parvenir, il faut gravir un autre talus; alors ces sommités présentent une dernière terrasse d'où l'on découvre les deux districts. Cette espèce de plate-forme étroite se prolonge tout le long de l'arête des montagnes centrales, et s'affaisse tout à coup au petit défilé du Paso; puis entre les stations d'Izana et de la Cruz, d'où partent les grands ravins de Ba-

Digitized by Google

dajos et de Chicayca ou del Agua, qui occasionèrent tant de dégats.

Les villages de la Guanche, de Saint-Jean de la Rambla, et la petite vallée d'Icod, sont situés vers les côtes du N. O. : quoique de ce côté la chaîne des montagnes centrales ne soit démembrée qu'en partie, la région supérieure offre pourtant un sol en désordre que les éruptions ont bouleversé, et dont l'inclinaison est souvent aussi rapide que les pentes du Teyde, dont l'énorme cône s'élève au dessus de tout ce talus et se montre dans son plus beau développemennt.

Les côtes du sud de Ténériffe et les terrains adjacens eurent moins à souffrir que les districts du nord et de l'est. Cette partie de l'île est coupée transversalement par plus de soixante ravins qui débouchent tous à la mer; de ce côté la chaîne des montagnes du centre n'a du reste qu'une seule brèche; c'est le défilé appelé *Las Bocas del Tauze*, où prennent naissance deux *barrancas* considérables qui descendent jusqu'à la côte et par lesquels les eaux purent s'écouler sans rencontrer d'obstacles.

Vers le sud, une autre grande rupture du même enchaînement central a laissé à découvert le pic et ses gorges : tous les torrens de lave, qui inondèrent la vallée de *San-Iago* à des époques plus ou moins anciennes, ont débordé par cette brèche. Ces envahissemens successifs ont rehaussé dans certains endroits ce sol tourmenté par les volcans, l'ont affaissé dans d'autres, l'ont déchiré de toutes parts; ce ne sont plus maintenant que de larges ravines, des effondremens, des crevasses, des cratères et des amas de matières solidifiées. Dans les forts orages,

Digitized by Google

les eaux s'écoulent rapidement par ce talus et se perdent bientôt dans ces terrains couverts de scories ; c'est pour cela que, durant l'ouragan de 1826, cette partie de l'île éprouva peu de pertes malgré sa situation.

On doit attribuer à d'autres causes qu'à celles que je viens de faire entrevoir les inondations qui eurent lieu vers le nord-est de Ténériffe. De ce côté, l'intérieur de l'île s'étend en un vaste plateau incliné à l'orient et au nord ; c'est celui de *Los Rodeos* qui constitue les meilleurs terrains de labour. L'ouragan fit peu d'effet sur ce sol nu et compacte : les torrens s'écoulèrent facilement par les ravins qui débouchent sur les deux côtés. Mais il n'en fut pas ainsi dans les environs de La Laguna ; cette ancienne capitale de Ténériffe, située sur les bords d'un lac qu'on a assaini par des défrichemens, vit sa campagne envahie par les eaux. Dominée d'un côté par les forêts de Las Mercedes, et de l'autre par les bois de l'Esperanza, la vallée de La Laguna est de toute part entourée de montagnes ; cette situation rend son climat très pluvieux ; dans les moindres orages, cette plaine, dont la partie centrale redevient un marécage en hiver, est de suite inondée ; aussi les torrens qui descendirent des montagnes voisines dans la nuit de l'ouragan, en firent bientôt un lac sous lequel tous les champs restèrent submergés pendant plusieurs jours.

La chaîne de montagnes qui se prolonge vers le nord-est de l'île, est flanquée de chaque côté par des contreforts qui donnent lieu à autant de vallées transversales. Toutes ces gorges, à partir du cap d'*Anaga*, débouchent d'une part dans la baie de Sainte-Croix et de l'autre sur la côte septentrionale, et ce fut par ces affluens que les

Digitized by Google

eaux s'échappèrent sans occasioner de grands ravages. Cependant les bois qui garnissent les versans des montagnes furent détruits sur plusieurs points, et les villages voisins éprouvèrent aussi des pertes. La forêt de *Las Mercedes* eut beaucoup à souffrir de l'ouragan, mais il est à remarquer que les ravages n'atteignirent que les pentes occidentales; le beau site de *Llanos de los viejos*, par exemple, fut presque entièrement dévasté, un vent impétueux déracina les plus grands arbres et hacha sur place ceux qui purent rester debout, tandis que les magnifiques ombrages des contrepentes opposées restèrent intacts. Vers la crête des monts, des trombes d'eau se précipitèrent sur les cimes culminantes, minèrent le sol, déchaussèrent les rochers, rasèrent les bois et firent rouler ces masses éboulées dans les anfractuosités des ravins (1). Cette débâcle, en arrivant à la côte avec les torrens débordés, vint saper les forteresses situées au débouché des vals, et les démolit de fond en comble. C'est ainsi que dans la baie de Sainte-Croix un grand bastion fut emporté avec son artillerie, et que le château-fort de Candelaria et un de ceux qui défendaient le port d'Orotava, disparurent sans laisser aucune trace.

Ce terrible ouragan produisit des accidens extraordinaires dans les gorges du pic; j'en fus frappé moi-même lorsque je parcourus de nouveau cette haute station un

(1) Lorsque, en pénétrant par les ravins ou les vals de la baie de Sainte-Croix, on se rapproche des montagnes de Las Mercedes, on aperçoit aussitôt un de ces grands éboulemens de la région supérieure. Le vide qu'a laissé la partie détruite de la forêt tranche d'une manière singulière sur le vert sombre de la zone des bois. Cette coupe est aussi régulière que si elle eût été dirigée par des ingénieurs.

Digitized by Google

mois après l'événement. Outre la pluie battante qui pendant 24 heures ne cessa d'inonder le pays, et dont un vent furieux rendait l'action plus intense, il paraît que des trombes se précipitèrent sur les points qui offraient plus d'attraction à ces météores, tels que le pic et ses alentours. Des effondremens de plus de six cents pas de circonférence, sur une profondeur de 20 à 30 pieds, s'étaient formés dans le cirque des Canadas, et signalaient l'action d'une masse d'eau qui creusa le sol en s'y déchargeant avec impétuosité. M. Alison, qui parcourut ces lieux, lors de son ascension au pic, en février 1828, me fit encore la description d'une de ces excavations singulières que ses guides lui montrèrent comme un des effets de l'orage. Il reconnut dans cet endroit les traces bien manifestes d'une trombe; tout le terrain avait été submergé dans un espace à peu près circulaire, marqué par des sillons disposés en cercles concentriques, comme en produisent quelquefois les tourbillons de vent sur un sol sablonneux. Cette trombe dut être énorme, puisque, d'après le rapport du physicien Anglais, les eaux, d'abord réunies dans cette fondrière, s'échappèrent ensuite en suivant le plan de pente et creusèrent une ravine qui se prolonge aujourd'hui jusque dans la vallée d'Orotava.

D'après l'exposé que l'on vient d'entendre, on pourra juger des terribles effets de cet ouragan. Les détails orographiques, dans lesquels je suis entré, étaient nécessaires pour faire bien comprendre la situation des lieux qui furent plus particulièrement frappés par ce désastre; on appréciera mieux maintenant les chances résultant de la position respective des vallées, par rapport à la région supérieure, et l'on se rendra raison des causes qui en firent le principal théâtre de la catastrophe, ou qui

Digitized by Google

les préservèrent de ses effets. Ainsi, l'on concevra comment dans le district de Guimar, les ravins de Badajos et de Chicayca, devenus de petites rivières, entraînèrent, en débordant sur les terrains du littoral, une partie des vignobles de cette vallée ; comment encore, de l'autre côté de l'île, les torrens, descendus des gorges du pic, ravagèrent la vallée d'Orotava et vinrent frapper de stérilité des lieux couverts auparavant de la plus belle végétation. Le barranco de Tafuriaste, d'un effet si pittoresque par ses ressauts, ses cascades et les bouquets d'arbres qui ornaient ses berges, fut encombré de gravier et nivelé depuis le centre de la vallée jusqu'au rivage. Dans le même district, le hameau de Quiquira, situé sur un des bras du grand ravin de Llarena, fut englouti en entier ; un des flancs du mamelon volcanique du Realexo, fut rasé par le choc des eaux, et tout une propriété disparut ; l'impulsion de ce torrent, en augmentant de force avec l'inclinaison du sol, emporta tout un faubourg du port d'Orotava. Sur les pentes du massif, compris entre le district de Taoro et celui d'Icod de los Vinos, des torrens, précipités des hauteurs culminantes, entraînèrent tout devant eux ; le village de la Guancha fut emporté avec 52 de ses habitans et plus de 300 animaux ; Saint-Jean de La Rambla, situé au dessous, éprouva aussi de grandes pertes. Dans la baie de Sainte-Croix, le torrent du Barranco-Santo s'accrut extraordinairement dans la nuit de l'orage ; l'impulsion du courant, devenue des plus violentes à l'embouchure du ravin, se fit ressentir bien avant dans la rade, et suffit pour rechasser au large un navire désemparé au moment qu'il allait faire côte.

Tels furent les principaux effets de l'ouragan qui ra-

Digitized by Google

vagea Ténériffe ; quant aux phénomènes qui se manifestèrent pendant sa durée, je citerai à ce sujet les notes qui me furent communiquées par deux personnes dont les observations méritent toute confiance. J'aurai peu à dire sur celles que je fis moi-même, me trouvant, par ma position, trop préoccupé depuis l'instant où la tempête éclata jusqu'à celui où le calme se rétablit.

Le 6 novembre, j'étais à La Laguna quelques heures avant l'événement ; mon estimable ami, le docteur Savinon, professeur de physique à l'université de San-Fernando, me conseilla de rester chez lui ou de descendre au plus vite vers Sainte-Croix où je résidais depuis quelques jours ; je me rappelle encore ses propres paroles : « Depuis ce matin, me dit-il, mon baromètre est en mouvement, quelque chose d'extraordinaire va se passer dans l'air, partez et dépêchez-vous avant l'averse ou pire peut-être. » Je suivis son avis et pus me convaincre en route de la vérité de ses pronostics. Le vent, qui était au S.-O. avant de me séparer du bon docteur, avait déjà passé au sud et paraissait à chaque instant s'incliner vers l'est. Cette tendance du vent à parcourir tous les points de l'horizon, me dévoila de suite les premiers indices d'un phénomène dont j'avais été deux fois témoin en Amérique. C'était bien l'ouragan des Antilles, il arrivait avec ses avant-coureurs ; mais cette fois, hors de ses limites, il venait fondre sur une région que j'aurais cru à l'abri de ses ravages (1). Des masses épaisses de nuages noirs étaient amoncelées autour de l'horizon et semblaient monter rapidement au zénith ; une longue traînée

(1) Les annales historiques des îles Canaries font mention de plusieurs événemens analogues, quoique bien moins désastreux. En 1704

Digitized by Google

de vapeurs plus claires s'étendaient du S.-E. au N.-O., le ciel à chaque instant prenait une teinte plus sinistre, l'air était suffocant, transparent et sonore, le vent se faisait sentir par rafales accompagnées de grosses gouttes de pluie; cependant la foudre ne se faisait pas entendre, et ce silence de la tempête, au milieu de ces apparences lugubres, avait quelque chose d'alarmant. Il était environ une heure, lorsque j'arrivai sur la côte; le vent y soufflait avec violence depuis le matin; la mer, déjà très forte, grossit de plus en plus dans l'après-midi, chaque coup du ressac ébranlait le môle de Sainte-Croix et le minait jusque dans ses fondemens. Le vent s'établit alors à l'est, et ne fut bientôt plus qu'une tempête des plus furieuses accompagnée d'une pluie qui tombait par torrens. Vers 3 heures, deux gros navires rompirent leurs amarres et furent jetés sur la plage; à 9 heures du soir, il était difficile de se maintenir sur le quai, tant l'ouragan avait redoublé d'intensité; un trois-mâts américain, qui n'avait pas eu le temps d'appareiller lorsque le vent le permettait encore, fut lancé contre la pointe du môle et disparut aussitôt en débris (1). Je passai une partie de la nuit sur le bord de la mer, prêt, comme tant d'autres, à porter secours aux bâtimens en détresse, l'esprit en proie à des impressions diverses, dans une agitation continue, voulant tout voir, tout juger par moi-même,

---

et 1706, deux ouragans ravagèrent l'île de Ténériffe, et dans l'année 1722, un autre météore plus violent encore que les deux précédens vint de nouveau désoler le pays.

(1) Par un hasard singulier, un des mâts de ce navire vint tomber sur le môle, et deux matelots qui se tenaient cramponnés à ses cordages, furent entraînés dans cette chute. On les porta à l'hopital tout meurtris. Le reste de l'équipage périt.

Digitized by Google

prendre part à chaque scène, afin de ne rien perdre de ce grand spectacle, et cependant incapable d'aucune observation suivie. Vers le milieu de la nuit, le vent passa au N.-E., puis au N. et au N.-O.; la pluie continua jusqu'au lendemain, et le jour vint éclairer de nouveaux malheurs. Les rapports qui nous arrivaient de toutes les parties de l'île étaient désastreux, et ceux qui me parvinrent de la vallée d'Orotava, où se trouvait mon habitation, étaient encore plus alarmans pour moi. J'étais tourmenté de mille craintes, j'ignorais le sort d'un ami, on me disait que mon logement avait été endommagé, et je tremblais pour mes collections, mes livres et mes manuscrits; enfin, au bout de trois jours d'anxiété, j'appris que rien n'avait souffert.

Voici un fragment de la lettre que m'écrivit M. Auber, professeur de mathématiques au collége d'Orotava, en me communiquant ses observations :

Orotava, 10 novembre 1826.

« Le 6 novembre, pendant une partie de la journée, le ciel fut parsemé de nuages, et l'atmosphère d'une transparence telle que l'on pouvait distinguer des objets à une distance considérable; l'air était extrêmement sonore, le mugissement des vagues plus fort et plus aigu qu'à l'ordinaire; la réfraction était aussi très sensible et semblait élever les objets au dessus de leur horizon naturel. Le vent soufflait du S. O.; sur le soir, le ciel se couvrit de nuages noirs; ces vapeurs s'accumulèrent sur le penchant des hauteurs qui entourent la vallée, et la couvrirent d'un voile sombre. Cependant on n'apercevait aucun signe d'électricité; la pluie commença au coucher du soleil et tomba bientôt par torrens; le vent passa

Digitized by Google

au nord et la tempête redoubla de force par instans. Vers minuit, on eût dit que l'averse allait submerger la ville, les sifflemens du vent contre les parties saillantes des édifices avaient quelque chose de sinistre; le bruit des flots qui se brisaient contre les rescifs du port (1), le fracas des masses d'eau qui se précipitaient des hauteurs voisines, en entraînant avec elles d'énormes rochers et toutes sortes de débris, semblait se réunir pour produire les effets les plus extraordinaires.

« Vers deux heures du matin, j'aperçus dans l'atmosphère une clarté assez semblable à une aurore boréale, mais cependant plus vive. Des jets de lumière semblaient s'élancer d'un centre placé vers la côte, au nord de ma demeure, et atteignaient jusqu'à 45° de hauteur. L'interposition du couvent de Saint-François ne me permit pas d'apercevoir de suite le foyer de ces lueurs phosphorescentes qui duraient environ 7 à 8 minutes, et disparaissaient après pendant plus d'un quart d'heure. Ce phénomène lumineux me sembla très intéressant, et je restai en observation pour tâcher d'en connaître la cause. La lumière reparut bientôt plus brillante et plus étendue qu'auparavant, et cette fois le foyer paraissait avoir changé de position, quoique caché par les falaises de la côte. Cette lumière disparut encore pour se montrer successivement à différentes places. Tout continuait à redoubler mon attention, lorsque j'aperçus des globes de feu dans diverses directions. Ces nouveaux météores croissaient promptement en diamètre, mais ils ne lan-

(1) La ville de l'Orotava où résidait M. Auber, est située au milieu de la vallée et à environ deux milles du port. Elle est élevée de 168 toises au dessus du niveau de la mer.

Digitized by Google

çaient pas autant de lumière que les premières lueurs que j'avais observées; ils semblaient voguer sur les flots, les uns paraissaient être à plusieurs lieues du rivage, tandis que les autres lançaient leurs jets de derrière les falaises. En me tournant vers le S. O., j'en distinguai quelques uns à la base des montagnes de Tygayga, à plus d'une lieue de la côte, et sans doute qu'il dut s'en produire dans d'autres directions et sur les hauteurs qui dominent la vallée. Ces météores disparurent tous vers 4 heures du matin; à 6 heures, la pluie tombait toujours par torrens, et le vent, qui successivement avait changé de rumbs, soufflait encore avec la plus grande impétuosité.

« Je sortis pourtant désireux de savoir si les météores, qui m'avaient tant intéressé pendant la nuit, avaient été aussi aperçus par d'autres, et j'appris, en effet, que plusieurs personnes avaient remarqué les mêmes feux. Des malheureux, entraînés par les torrens, et qu'on était parvenu à sauver, assuraient qu'ils avaient vu de grandes clartés sur les eaux qui les emportaient, et que chaque effort qu'ils faisaient pour atteindre les bords des ravins, était accompagné d'un développement de lueur qui semblait sortir des eaux même. »

A ces observations intéressantes, j'ajouterai la note qui me fut remise par M. le docteur Savinon; je la traduis ici littéralement.

« Le 6 novembre au matin, le ciel était serein, mais vers midi le vent commença à souffler du S. O., et malgré que ses rafales ne fussent point encore accompagnées de pluie, l'horizon se couvrit d'épais nuages. Le vent continua tout le jour et la nuit suivante, malgré pourtant que vers dix heures du soir son intensité avait beau-

Digitized by Google

coup diminué. Le baromètre se soutenait à 28,532 pouces (mesure anglaise); cependant, à 10 heures et $\frac{1}{2}$, le vent passa tout à coup au nord, puis au nord-ouest (1) avec une force qui augmenta progressivement, de manière qu'à minuit ce n'était plus qu'un ouragan des plus impétueux, et la pluie qui accompagnait ce terrible météore était si abondante, qu'en peu d'instans tous les ravins des alentours devinrent des torrens dangereux. A une heure du matin (7 novembre), le baromètre était descendu à 27,87 pouces, et la force du vent s'était accrue d'une manière très rapide. Il ne soufflait plus alors par rafales, c'était un courant descendant et continu, son impétuosité était telle qu'il arracha les arbres les plus robustes et abattit même des forêts entières. La tempête continua avec la même violence jusqu'au jour; à 7 heures du matin, le baromètre monta d'un dixième de pouce, et dès cet instant le vent et la pluie commencèrent à diminuer. A 10 heures, le baromètre s'éleva encore de quelques millièmes de pouce, alors la pluie avait presque cessé, mais le vent continua à souffler avec assez de force jusqu'à la nuit. Enfin, dans la matinée du 8 novembre, le baromètre monta jusqu'à 28,42 pouces, et la sérénité se rétablit dans l'atmosphère. »

Je terminerai cette notice en résumant dans un seul

---

(1) On s'apercevra sans doute de quelque différence dans les variations du vent indiquées par le docteur Savinon avec celles que j'ai données moi-même. Cette différence dépend de la situation des lieux : sur la côte le vent de mer faisait sentir toute son influence, mais à 300 toises au dessus et au centre d'une vallée abritée par des montagnes, le courant atmosphérique arrêté par des obstacles pouvait être refoulé dans une direction contraire. Peut-être aussi qu'à cette élévation un véritable contre-courant avait lieu.

Digitized by Google

cadre toutes les pertes qu'éprouva l'île de Ténériffe pendant la durée de l'ouragan.

État des pertes éprouvées dans l'île de Ténériffe durant l'ouragan du 6 au 7 novembre de l'année 1826.

LOCALITÉS.	PERSONNES NOYÉES.	ANIMAUX NOYÉS.	Maisons et édifices emportés par les eaux.	Maisons abattues ou endommagées.	OBSERVATIONS.
Orotava.	84	600	130	60	Les pertes indiquées ci-dessus comprennent celles de la ville de ce nom et de tout son district.
Port d'Orotava. . .	32	28	31	6	
Realexo de Arriba .	25	»	41	»	Il faut ajouter à ce tableau 5 grands navires marchands qui naufragèrent sur la côte et se perdirent corps et biens.
Realexo de abajo. .	14	»	9	2	
La Guancha	52	544	72	81	
La Rambla.	19	13	14	»	
Icod	5	»	»	»	Par animaux noyés, il faut entendre chevaux, mulets, ânes, cochons, brebis, chèvres et chameaux.
Santa-Ursula	1	38	2	3	
Laguna.	3	10	2	6	
Guimar et Candelaria.	6	8	4	5	Quant aux terres et aux cultures qui furent emportées par les torrens, il serait difficile d'établir à ce sujet une estimation bien précise. Mais cette perte fut énorme.
Santa-Cruz (Ste-Croix)	»	»	2	»	
Récapitulation. . .	232	936	307	114	

Observations sur l'Essai des matières d'argent par la voie humide ;

Par M. Gay-Lussac,

Essayeur au bureau de garantie de Paris.

Il a été présenté dernièrement au bureau de garantie de Paris, pour y être soumis à l'essai, un lingot d'argent, contenant 3 millièmes d'or, qui avait été paraphé

Digitized by Google

par un essayeur du commerce à 990 millièmes et par un autre à 995. Des essais nombreux faits avec le plus grand soin, au moyen de la voie humide, par M. Besseyre, auquel j'ai confié l'exécution de ce procédé, ont donné 996 $\frac{1}{2}$ millièmes pour le titre en argent du lingot. Ce titre, réuni à celui de 3 millièmes d'or, donne 999 $\frac{1}{2}$ millièmes pour la somme des deux métaux fins; en sorte qu'il ne resterait que $\frac{1}{2}$ millième pour le cuivre ordinairement allié à ces deux métaux. Ce résultat a fixé notre attention; car nous n'avions jamais vu l'argent fin du commerce atteindre à un si grand degré de pureté, et dépasser 997 à 998 millièmes. D'un autre côté, la coupellation, à laquelle avait été soumis le lingot, pour déterminer la quantité d'or qu'il contenait, n'a donné que 990 millièmes d'argent, au lieu de 996 $\frac{1}{2}$ trouvés par la voie humide. Ces résultats sont d'accord avec ceux obtenus par les deux essayeurs du commerce, qui avaient opéré, comme j'en ai acquis la certitude, l'un par la voie humide et l'autre par la coupellation.

Surpris d'une différence aussi grande, sur laquelle il n'était plus permis d'élever aucun doute, je me suis appliqué à en rechercher la cause. Après quelques essais que je passe sous silence, j'ai reconnu qu'elle était due à la présence du mercure dans le lingot. En ajoutant, en effet, 5 milligrammes de mercure à un gramme d'argent pur, j'ai trouvé, après la dissolution des métaux dans l'acide nitrique et la précipitation par le sel marin, que le titre de l'argent avait été augmenté d'environ 4 millièmes. Éclairé par cette expérience synthétique, j'ai exposé 50 grammes du lingot, dans une petite cornue de porcelaine, à une température très élevée, et j'ai obtenu de petits globules de mercure, visibles à l'œil nu.

Digitized by Google

La cause de la différence des titres obtenus par les deux procédés étant ainsi connue, il restait à la corriger pour rendre à la voie humide toute la certitude qu'elle semblait avoir perdue par cette circonstance inattendue ; car bien que l'argent contenant du mercure soit très rare dans le commerce, il suffit que le cas ait pu se présenter pour mettre l'essayeur sur ses gardes et lui inspirer une juste défiance.

J'ai d'abord pensé que, sans doute, le mercure n'avait pas été complétement oxidé, et qu'il se précipitait alors comme l'argent en chlorure insoluble ; mais un essai d'argent pur, auquel j'ai ajouté 6 millièmes de mercure, dans un état de complète oxidation dans l'acide nitrique, m'a donné 1005 millièmes, au lieu de 1000 que j'aurais dû avoir ; résultat qui prouve que le mercure s'était précipité avec l'argent.

J'ai supposé alors que le mercure, quoique au maximum d'oxidation, avait pu être ramené au minimum, au moment de la précipitation, par l'acide nitreux qui se produit pendant la dissolution de l'argent dans l'acide nitrique. J'ai en conséquence ajouté à la dissolution d'un gramme d'argent pur et de 6 milligrammes de mercure du caméléon, ou manganate de potasse, tant qu'il a été décoloré, et même en léger excès ; mais le résultat n'a pas été plus satisfaisant ; le titre de l'argent s'est trouvé augmenté d'environ 5 millièmes.

Il ne me restait plus qu'à chercher des caractères pour reconnaître la présence de très petites quantités de mercure dans l'argent. J'ai été assez heureux pour en trouver un dans la manière dont le chlorure d'argent se comporte à la lumière, selon qu'il est pur ou souillé de mercure.

Digitized by Google

Le chlorure d'argent, comme on sait, bleuit d'autant plus vite, qu'il est frappé par une lumière plus intense; il se colore même très sensiblement, et avec assez de rapidité, au contact d'une lumière diffuse, dans un appartement. S'il contient 4 à 5 millièmes de mercure, il ne bleuit plus, il reste d'un blanc mat; avec 3 millièmes de mercure, il n'y a pas encore de coloration très prononcée, toujours dans une lumière diffuse; avec 2 millièmes, elle est légère; avec 1, elle est beaucoup plus marquée; mais elle a cependant moins d'intensité que celle du chlorure pur. Avec $\frac{1}{2}$ millième de mercure, la différence de coloration est peu frappante; elle n'est aperçue que dans une lumière très modérée.

Mais à ce terme où de trop petites quantités de mercure cessent d'être appréciables par une différence dans la coloration du chlorure d'argent, on peut encore les rendre extrêmement sensibles par un procédé fort simple de concentration. On dissout 1 gramme d'argent supposé contenir $\frac{1}{2}$ millième de mercure, et on n'en précipite que le $\frac{1}{4}$, par exemple, en n'ajoutant que le $\frac{1}{4}$ de la dissolution de sel marin qui aurait été nécessaire pour le précipiter entièrement. En opérant ainsi, le $\frac{1}{2}$ millième de mercure se trouve concentré dans une quantité de chlorure d'argent quatre fois plus petite; c'est comme si, l'argent ayant été précipité en totalité, on eût pris une quantité de mercure quatre fois plus grande, ou égale à 2 millièmes. En prenant deux grammes d'argent, n'en précipitant que le $\frac{1}{4}$, au moyen du sel marin, le précipité se comporterait, par rapport au chlorure d'argent, comme s'il y entrait pour 4 millièmes. Avec ce procédé, qui ne demande pas plus de 5 minutes d'exécution, parce qu'on peut se dispenser de peser

Digitized by Google

exactement, j'ai rendu très sensible $\frac{1}{10}$ de millième de mercure dans l'argent.

Il n'est pas inutile de dire, pour ceux qui voudraient répéter ces expériences, que la manière la plus exacte d'introduire de très petites quantités de mercure dans la dissolution d'argent, consiste à peser un petit globule de mercure, à le dissoudre dans l'acide nitrique, et à étendre d'eau la dissolution, de manière qu'elle occupe autant de centimètres cubes que le globule pèse de milligrammes. Chaque centimètre cube, pris au moyen d'une pipette, contiendra 1 milligramme de mercure.

Si le lingot d'argent, présenté à l'essai, était reconnu contenir une quantité notable de mercure, 1 millième par exemple, la voie humide serait abandonnée pour ce cas, ou au moins devrait être exécutée comparativement avec la coupellation. C'est sans doute un inconvénient, et je l'avoue sans peine; mais les quantités de mercure qui pourraient échapper, sont tellement petites, qu'elles resteraient encore bien au dessous des erreurs inhérentes à la coupellation. Je suis tellement convaincu de cette vérité, que je n'en continuerai pas moins à me servir de la voie humide, comme présentant encore toute l'exactitude désirable.

Au caractère de moindre coloration du chlorure d'argent, quand il contient du mercure, se joint encore celui d'une plus grande difficulté d'éclaircissement de la liqueur par l'agitation; mais j'insiste peu sur son importance, parce qu'il devient trop difficile de l'apercevoir, lorsque l'argent ne contient que 1 à 2 millièmes de mercure.

J'ai cherché à reconnaître la présence du mercure dans l'argent, en en chauffant un gramme au feu de moufle,

Digitized by Google

dans un petit creuset, avec du noir de fumée, pour éviter la vaporisation de l'argent; mais j'ai été bien trompé dans mon attente; après trois quarts d'heure de feu, le poids de l'argent s'est trouvé accru d'une quantité très sensible. Dans une expérience, l'excès de poids s'est élevé à plus de 30 milligrammes.

En terminant cette note, je dois dire qu'aucun métal, après le mercure, n'a la propriété de troubler le titre de l'argent. Lorsque j'ai fait connaître le procédé par la voie humide, j'avais essayé un grand nombre de métaux, tels que le fer, le zinc, le cuivre, le plomb, le nickel, le cobalt, le bismuth, etc.; mais préoccupé sans doute de l'idée que l'argent ne contenait point du mercure après avoir été fondu, et que ce dernier métal formait un chloride très soluble, il m'était échappé de le soumettre à l'expérience. Je m'en félicite aujourd'hui; car la difficulté que je viens de signaler, quoique vaincue, m'aurait peut-être ôté ce courage opiniâtre, si nécessaire pour approprier la moindre découverte scientifique aux besoins des arts.

Digitized by Google

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES. *Février* 1835.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN.			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.		
1	768,04	+ 3,7	100	768,80	+ 5,9	92	768,46	+ 8,5	82	769,68	+ 3,4	100	+ 8,5	+ 3,4	Couvert, brouillard.	S.
2	768,06	+ 3,8	100	766,67	+ 8,2	82	765,80	+ 9,2	85	766,80	+ 8,6	100	+ 9,2	+ 1,0	Très nuageux.	S. O.
3	769,03	+ 6,7	100	769,20	+ 9,2	80	768,76	+ 9,8	80	770,32	+ 6,8	96	+ 9,8	+ 6,1	Couvert, brouillard.	O.
4	770,40	+ 8,8	90	770,06	+10,2	86	769,88	+11,5	66	771,30	+ 7,3	92	+11,3	+ 7,3	Quelques éclaircies.	N. O.
5	767,40	+ 5,3	90	766,24	+ 8,4	90	763,38	+ 9,4	90	761,42	+ 8,0	90	+ 9,4	+ 5,3	Couvert.	O.
6	762,40	+ 5,4	78	763,32	+ 6,4	49	763,70	+ 6,7	42	766,47	+ 3,6	65	+ 6,7	+ 3,6	Très-nuageux.	N. O. fort.
7	764,10	+ 6,1	88	763,58	+ 6,5	78	761,66	+ 8,4	86	760,08	+ 8,2	88	+ 8,4	+ 4,8	Couvert.	S. O.
8	753,38	+ 9,4	86	753,82	+ 8,0	72	753,62	+ 8,2	48	754,07	+ 4,2	80	+ 9,4	+ 4,2	Très nuageux.	O. S. O. fort.
9	752,74	+ 3,6	92	754,47	+ 6,0	54	755,28	+ 5,8	44	756,60	+ 1,6	70	+ 6,0	+ 1,6	Très nuageux, grésil.	N. O.
10	755,78	+ 0,6	86	757,70	+ 1,6	71	758,75	+ 3,2	70	760,68	+ 1,0	85	+ 3,2	+ 0,6	Nuageux.	N. fort.
11	769,80	+ 1,9	85	770,25	+ 4,0	50	769,64	+ 4,8	50	769,86	— 0,2	80	+ 4,8	— 0,2	Nuageux.	N.
12	767,00	+ 1,2	86	765,24	+ 5,2	70	762,93	+ 6,4	78	762,62	+ 6,2	98	+ 6,4	— 1,2	Couvert, brouillard.	S.
13	766,82	+ 3,4	92	766,73	+ 7,4	74	765,06	+ 8,2	65	763,64	+ 6,0	90	+ 8,2	+ 2,0	Nuageux.	N. O.
14	758,53	+ 6,4	95	758,23	+ 8,2	76	757,83	+ 8 7	75	756,06	+ 8,6	98	+ 8,7	+ 5,1	Couvert, brouillard.	O. faible.
15	752,60	+ 9,4	100	752,08	+10,7	96	750,34	+10,5	80	748,76	+ 7,4	98	+10,7	+ 7,4	Couvert.	O.
16	746,47	+ 6,8	87	746,17	+ 9,4	83	746,15	+ 8.8	60	748,03	+ 6,0	90	+ 9,4	+ 5,8	Très nuageux.	O. N. O.
17	751,97	+ 5,6	100	751,96	+ 8,2	65	752,02	+ 8,0	70	752,80	+ 6,0	95	+ 8,2	+ 5,0	Quelques éclaircies.	N. N. O
18	750,42	+ 6,2	97	749,73	+ 8,2	73	748,17	+ 9,0	91	747,42	+ 8,0	99	+ 9,0	+ 4,6	Couvert.	S.
19	749,33	+ 6,6	91	749,88	+ 9,9	77	749,28	+10,6	60	747,50	+ 7,0	90	+10,6	+ 4,2	Nuageux.	O. S. O.
20	742,72	+ 6,3	100	744,10	+ 9,8	80	744,10	+11,1	58	739,05	+ 8,6	90	+11,1	+ 6,3	Nuageux.	O. N. O.
21	744,27	+ 6,0	80	745,30	+ 8,6	67	745,60	+ 8,6	56	748,77	— 4,6	87	+ 8,6	+ 4,6	Quelques éclaircies.	S. O.
22	755 30	+ 7,8	85	755,80	+ 9,4	67	754,72	+ 8,9	56	750,57	+ 7,0	95	+ 9,4	+ 2,6	Nuageux.	O.
23	748,30	+ 9,7	65	750,12	+11,2	50	751,60	+10,2	52	754,08	+ 5,2	70.	+11,2	+ 5,2	Nuageux.	O. fort.
24	754,88	+ 5,9	82	754,97	+ 8,0	66	754,53	+ 8,0	54	757,60	+ 3,6	80	+ 8,0	+ 3,6	Couvert.	O. S. O.
25	757,70	+ 4,2	85	758,06	+ 8,2	78	754,34	+ 9,0	70	750,72	+ 9,2	80	+ 9,0	+ 0,0	Nuageux.	S. fort.
26	748,75	+10,3	70	750,93	+11,5	49	751,45	+12,0	40	750,20	+ 7,6	70	+12.0	+ 7,6	Nuageux.	O. très fort.
27	748,47	+ 7.4	88	749.00	+10,7	54	748,25	+11.0	54	749.07	+ 7,2	84	+11,0	+ 5,0	Nuageux.	S. O. fort.
28	750,50	+ 6,0	88	751,83	+ 8,6	54	752,87	+ 7,2	52	755,48	+ 2,0	84	+ 8,6	+ 2,0	Couvert.	O. S. O.
1	763,19	+ 5,3	91	763,39	+ 7,0	75	762,87	+ 8,0	69	764,14	+ 5,3	87	+ 8,2	+ 3,8	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en cent.
2	755,57	+ 5,4	93	755,41	+ 8,1	72	754,52	+ 8,6	69	753,60	+ 6,4	93	+ 8,7	+ 3,9	Moyennes du 11 au 20.	Cour. 4,790
3	751,02	+ 7,2	80	751,78	+ 9,5	61	751,67	+ 9,4	54	752,06	+ 5,8	81	+ 9,7	+ 3,8	Moyennes du 21 au 28.	Terrasse 4,100
	756,99	+ 5,9	89	757,21	+ 8,1	70	756.69	+ 8,6	65	756.92	+ 5,8	87	+ 8,8	+ 3,8	Moyennes du mois. + 6,3.	

Digitized by Google

Recherches sur les Propriétés du Tellure;

Par J. J. Berzélius.

(Suite du Mémoire interrompu à la page 150.)

Tellurates.

L'affinité de l'acide tellurique pour les bases est très faible. La plupart des acides le chassent complétement de ses combinaisons. Ce n'est qu'à une certaine température, à laquelle il se convertit en sa modification jaune insoluble, qu'il montre une plus énergique affinité. L'acide acétique lui-même décompose ses sels à base d'alcali, lorsqu'on l'ajoute en excès à leur dissolution. Sans le secours de la chaleur, on ne peut saturer l'acide tellurique avec un carbonate, de manière à en faire un sel neutre. Les tellurates ont une saveur métallique; ils n'ont point de couleur provenant de l'acide; ceux qui sont à base alcaline sont solubles dans l'eau, et, à peu d'exceptions près, ont une tendance à se changer par l'évaporation en une masse gommeuse transparente, qui se crevasse, perd à chaud son eau de cristallisation, et devient par là blanche et opaque : elle se dissout alors très lentement dans l'eau froide. Les combinaisons de l'acide tellurique avec les bases terreuses, sont si peu solubles, qu'on peut les obtenir par précipitation; elles ne sont cependant pas insolubles, elles ne sont que peu solubles dans l'eau; celles qui sont neutres s'y dissol-

Digitized by Google

vent en petite quantité, celles qui ont un excès d'acide s'y dissolvent davantage. Les sels formés par l'acide tellurique avec les terres proprement dites et les oxides métalliques, sont en général à peu près insolubles; je ne sais cependant pas si, en les lavant, l'eau de lavage n'en entraîne pas des traces. En général, cela provient de la propriété qu'ils possèdent, d'être décomposés par l'eau en sels basiques insolubles et en sels acides qu'elle dissout. Plusieurs de ces sels retiennent de l'eau de combinaison à des températures auxquelles elle est chassée ordinairement dans des sels fournis par de plus puissans acides.

Les propriétés qui peuvent faire reconnaître le tellure dans ces sels, ou celles qui leur appartiennent par la présence du tellure, sont de deux sortes : par la voie humide, si on les dissout dans de l'acide hydrochlorique concentré, qu'on les mêle avec un sulfite et qu'on les chauffe, ils laissent se précipiter du tellure, et la liqueur se colore en noir; par la voie sèche, en les réduisant à l'aide du charbon et d'un alcali fixe, ils donnent une masse qui, avec l'eau, prend une couleur rouge de vin. Cet essai ne réussit cependant pas avec certains tellurates; par exemple, ceux d'argent, de zinc, etc. Dans ceux-ci, on reconnaît la présence du tellure, si en les chauffant seuls au chalumeau sur un charbon, ils sont réduits en tellurures, ce qui a lieu très facilement, et quelquefois avec une légère détonation. Le tellurure fondu, après avoir été grillé dans un tube de verre ouvert, donne un sublimé blanc d'acide tellureux, que l'on peut reconnaître à ses propriétés (voir mon traité sur l'emploi du chalumeau). Les tellurates détonnent sur les char-

Digitized by Google

bons ardens, mais faiblement et souvent d'une manière insensible. Ils se distinguent des tellurites en ce qu'ils se dissolvent dans l'acide hydrochlorique sans le colorer en jaune, que l'on peut étendre la dissolution sans y occasioner de précipité, que cette dernière dégage du chlore lorsqu'on la chauffe et se colore en jaune, et que si l'acide n'a pas été ajouté en trop grand excès, en y mêlant alors de l'eau, elle fournit un précipité blanc. Les sels qui ont un alcali pour base, ne sont point précipités par la décoction de noix de galle.

L'acide tellurique donne des composés à un grand nombre de degrés de saturation, basiques, neutres et à deux degrés d'acidité. La proportion de base augmente, comme dans les sulfates, d'une fois et demie à trois fois, et l'acide, dans les sels acides, de deux à quatre fois la quantité qui se trouve dans la combinaison neutre. Les tellurates neutres à base alcaline, ont une saveur d'alcali caustique; les bitellurates ont même une réaction alcaline. Par cette circonstance, aussi bien que par le nombre et l'espèce de ses combinaisons, l'acide tellurique ressemble à l'acide borique (1). Je dois dire aussi qu'il y a des sels de la modification *a*, et qu'ils se distinguent par l'insolubilité dans l'eau, dans les acides et les alcalis faibles.

Tellurate de potasse. Si l'on sature d'alcali de

(1) On admet généralement que le borax est un composé neutre d'acide borique. Cependant j'ai trouvé qu'en le faisant bouillir avec du carbonate de soude, il en dégage de l'acide carbonique, et que l'on peut obtenir un sel cristallisé formé de *Na B*. Il a une saveur d'alcali caustique. J'en donnerai plus tard la description.

Digitized by Google

l'acide tellurique en poudre, ou une dissolution de cet acide, et qu'on en ajoute un excès, qu'il soit caustique ou carbonaté, on obtient un coagulum mou, onctueux et fondant à une douce chaleur. C'est cette combinaison neutre qui, ainsi que cela arrive dans les sels des acides métalliques, se dissout difficilement dans une liqueur où un alcali est en excès. Si l'on emploie de la potasse caustique pas trop étendue, et que l'on chauffe, le sel visqueux et laiteux se dissout; et si on fait refroidir lentement jusqu'à 0°, le sel neutre se sépare en cristaux si complétement, que l'eau-mère est à peine troublée par l'addition d'alcool. Le sel forme des groupes de prismes implantés les uns sur les autres, qui, au microscope, paraissent triangulaires et coupés obliquement par une face à trois côtés. Ce sel est insoluble dans l'alcool; aussi peut-on employer ce dernier pour le purifier de son eau-mère. Si l'alcali employé n'est point assez concentré pour amener le sel à cristallisation, on peut également le précipiter par l'alcool. Il faut le verser par petites portions et peu à peu; le sel se précipite alors sous forme de gouttes huileuses qui se rassemblent au fond, et là se changent en un amas de cristaux prismatiques. Avec plus d'alcool, on obtient des cristaux grenus; cela arrive aussi quelquefois en laissant refroidir une dissolution alcaline. Le sel se dissout facilement dans l'eau; si l'on évapore cette dissolution à une douce chaleur, on obtient une masse transparente, fendillée, semblable à une gomme, et qu'on dissout encore facilement dans l'eau. Le sel s'obtient toujours ainsi, lorsqu'on fait dissoudre dans l'eau 1 atome d'acide tellurique avec 1 atome de carbonate de

Digitized by Google

potasse, et que l'on fait bouillir et évaporer jusqu'à siccité. En desséchant le sel dans le vide, et à l'aide d'acide sulfurique, il reste sur le verre, sous forme d'une croûte cristalline, qui à l'air devient promptement humide, mais sans tomber en déliquescence. Il se forme, en effet, du carbonate de potasse qui absorbe de l'humidité, et un bitellurate. Le sel cristallisé renferme de l'eau de cristallisation dont il est difficile de déterminer la quantité avec exactitude, parce que les dernières parties y restent opiniâtrément, et que de l'oxigène se dégage même avec les premières portions. Les cristaux prismatiques m'en ont donné 23,75 pour cent; ce qui approche beaucoup de 5 atomes; la quantité calculée serait 24,98. Dans tous les cas, le résultat s'éloigne tellement de 4 atomes, que l'on voit facilement que ce ne peut être la proportion véritable. Le sel débarrassé de son eau de cristallisation était aggloméré en une masse blanche et soluble dans l'eau.

Bitellurate de potasse. Ce sel se forme en décomposant le carbonate de potasse par de l'acide tellurique, sans le secours de la chaleur. On l'obtient cependant plus sûrement en faisant dissoudre 2 atomes d'acide tellurique hydraté avec 1 atome de carbonate de potasse, dans un peu d'eau bouillante, et laissant refroidir la liqueur; la plus grande partie du sel se sépare sous forme d'un amas enmêlé de filamens déliés, qui, par la dessication, se change en une terre blanche. Si l'on abandonne l'eau-mère à l'évaporation spontanée, il s'en dépose encore davantage de sel, qui paraît mieux cristallisé, quoique l'on ne puisse cependant déterminer sa forme. On obtient encore ce sel en laissant le sel neutre, dans

Digitized by Google

un vase simplement couvert, absorber l'acide carbonique de l'air ; il cristallise alors en grains durs formés de petits cristaux. Ce sel a une saveur métallique, un peu alcaline ; sa réaction est également alcaline ; il se dissout difficilement dans l'eau froide, mais s'y dissout en quantité bien plus considérable lorsqu'elle est bouillante. Si l'on évapore jusqu'à siccité au bain-marie cette dissolution saturée à la température de l'ébullition, on n'obtient point de cristallisation, mais une masse blanche semblable à une gomme sur les bords. Les cristaux obtenus par refroidissement, renferment 13,9 pour cent d'eau, ce qui représente 4 atomes. Si l'on chauffe le sel jusqu'à chasser cette eau, il se colore en jaune à une température encore au dessous de la chaleur rouge, et se convertit en un tellurate quadruple de la modification *a*, que l'eau ni les acides faibles ne dissolvent plus. L'eau sépare de la masse jaune une portion d'un sel neutre de formation nouvelle.

Si l'on met le tellurate neutre de potasse en contact avec une moindre quantité d'un acide qu'il n'en faut pour le décomposer en entier, il se produit un précipité blanc, qui n'est autre chose que le sel que l'on vient de décrire ; mais si on en ajoute assez pour que la liqueur soit acide, on obtient un sel acide, dont nous allons parler : si l'on en met un plus grand excès encore, la liqueur s'éclaircit de nouveau, et le tellurate est alors en totalité décomposé. Si l'acide employé est de l'acide acétique, et que l'on évapore la dissolution, elle se trouble de nouveau par du tellurate acide qui commence à se précipiter, et si l'on dessèche la masse saline à 80 ou 100°, et qu'on l'abandonne à elle-même jusqu'à ce que l'acide

Digitized by Google

acétique encore sensible à l'odorat se soit dégagé de l'acide tellurique, on reconnaît que l'acide tellurique s'est emparé de nouveau d'une certaine quantité de base pour passer à l'état de tellurate double; on isole ce sel en enlevant l'acétate par de l'alcool à 85°.

Quadrotellurate de potasse. Il se forme lorsqu'on fait dissoudre dans l'eau bouillante de l'acide tellurique et du carbonate de potasse en quantités préalablement pesées, et qu'on laisse refroidir la dissolution. L'aspect de sa cristallisation paraît semblable à celui des sels précédens; on l'obtient aussi en ajoutant un peu d'acide nitrique à une dissolution saturée de tellurate double de potasse, jusqu'à ce qu'on voie se former un précipité, qui est précisément le sel que l'on veut obtenir. Il n'est pas insoluble dans l'eau; aussi les premières portions s'y redissolvent lorsqu'on agite la liqueur. Après avoir été lavé à l'eau et desséché, il reste meuble, sans aucune aggrégation. Le procédé le plus facile pour préparer ces sels, consiste à fondre de l'acide tellureux avec du salpètre à une température au dessous du rouge obscur, à dissoudre le sel dans l'eau, et y ajouter de l'acide nitrique jusqu'à ce que la liqueur ait une réaction légèrement mais franchement acide, à y faire macérer le précipité pendant quelques heures, après quoi l'on filtre et on lave à l'eau froide qui emporte une petite portion du précipité. Ce sel renferme de l'eau chimiquement combinée, dont la plus grande partie est chassée par la chaleur, sans le faire changer de couleur; mais on ne peut lui enlever la dernière portion sans qu'il ne se colore en jaune, et alors l'acide tellurique du sel appartient à la modification *a*. Dans une analyse de ce sel, qui avait été

Digitized by Google

préparé par la précipitation d'une dissolution de salpêtre tenu long-temps en fusion avec de l'acide tellureux, et sans porter la température jusqu'au rouge, on a trouvé que le sel perdait 7 $\frac{1}{2}$ p. cent d'eau sans devenir jaune. En chauffant le sel plus fortement, il a donné encore une petite quantité d'eau en passant à la couleur jaune; mais il s'est dégagé en même temps un peu d'oxigène. L'analyse du sel a donné :

	Trouvé.	Calculé.
Tellurate quadruple de potasse.	84,64	84,41
Oxigène.....	7,71	7,34
Eau.....	7,65	8,25

Le résultat calculé appartient à la formule $\dot{K}\,\ddot{T}e^4 + 4\,\dot{H}$. On voit facilement que, dans l'expérience, il s'est perdu un peu d'eau avec l'oxigène, ce qui fait que la quantité d'eau est un peu plus grande, et celle de l'oxigène un peu plus petite que les nombres calculés. Dans la décomposition par la chaleur rouge, le dégagement d'oxigène se prolonge encore long-temps, et il est à peine possible de décomposer complétement l'acide tellurique dans un vase de verre et à l'aide de la lampe à l'alcool; l'opération se fait bien cependant dans un creuset de platine.

Si l'on prépare le sel avec des quantités pesées que l'on dissout dans l'eau, et qu'on évapore ensuite à siccité au bain-marie, il reste une partie du sel qui est entièrement insoluble dans l'eau bouillante, mais soluble dans les acides; et cela se renouvelle toutes les fois que la dissolution du sel est évaporée de cette manière jusqu'à

Digitized by Google

siccité. Ce sel pulvérulent, de couleur blanche, a une composition semblable à celle du précédent (1). Il retient l'eau avec une grande énergie ; de sorte qu'il ne l'abandonne qu'à une température extraordinairement élevée, température à laquelle le sel se change en la modification jaune.

J'ai trouvé de même, que, si l'on prépare le sel avec des quantités pesées que l'on dissout dans l'eau bouillante, que l'on fasse cristalliser la combinaison produite, et évaporer de nouveau l'eau mère pour l'amener à cristallisation, etc., il reste à la fin une petite quantité d'eau-mère, dans laquelle on trouve de l'acide tellurique libre, dont la quantité dans une expérience a été estimée à un demi atome, et qui, en outre, renfermait encore de la potasse. Cette particularité paraît provenir de ce que l'eau pure exerce sur ce quadrotellurate une action décomposante, semblable à celle qu'elle a sur un sel dont je parlerai plus loin ; en sorte qu'à la première cristallisation il se dépose en même temps une portion de bitellurate, et par suite une grande quantité de quadrotellurate reste en dissolution dans un excès d'acide. Cela n'a point lieu dans une dissolution où se trouvent dissous d'autres sels, dans lesquels le quadritellurate est comme totalement insoluble.

Acide tellureux fondu avec du salpêtre. J'ai déjà parlé dans ce qui précède du sel de potasse jaune que l'on obtient en faisant long-temps chauffer de l'acide

(1) Je dois rappeler ici que si l'acide tellurique n'est pas absolument pur d'acide tellureux, on obtient un mélange mécanique de ces derniers, lequel mélange devient insoluble par l'ébullition.

Digitized by Google

tellureux avec du salpêtre à une température maintenue au dessous du rouge naissant. Si on la soutient après que l'acide tellureux s'est oxidé, et qu'on ajoute en petites quantités du carbonate de potasse en poudre fine tant qu'il se produit une effervescence, le quadrotellurate jaune se dissout insensiblement, et le sel devient clair. Après le refroidissement, il se dissout complétement dans l'eau, aussi bien froide que chaude; il contient un mélange de tellurate de potasse et de salpêtre, ou mieux de nitrate et de nitrite de potasse. Il n'est cependant jamais exempt de tellurite de potasse, et la quantité de ce dernier est d'autant plus grande que la température a été plus élevée. Si l'on précipite la liqueur par un sel de baryte, après y avoir ajouté un peu d'ammoniaque, on obtient du tellurate de baryte qui peut fournir l'acide tellurique avec le moins de frais possible.

Si l'on fond ensemble l'acide tellureux et le salpêtre, jusqu'à ce que l'acide se soit dissous dans le salpêtre en un liquide limpide, on n'obtient plus un sel neutre; mais le mélange fondu renferme du bitellurate double de potasse, mêlé de nitrate et de nitrite de potasse. Ce mélange se dissout avec assez de facilité dans l'eau froide; mais l'eau bouillante en sépare du bitellurate sous forme de poudre blanche et grenue, insoluble dans la liqueur salpêtrée bouillante, mais soluble dans l'eau pure bouillante, dont elle se sépare de nouveau par le refroidissement. Ce sel est aussi mélangé d'acide tellureux, et la quantité en est d'autant plus grande que la chaleur a été plus élevée, lorsqu'on a opéré sa fusion.

On obtient encore une autre combinaison en fondant de l'acide tellureux avec du salpêtre, mais dans certaines

Digitized by Google

circonstances que je ne pourrais spécifier avec certitude. Elle est incolore ; c'est absolument le même sel que le précédent ; mais il ne se dissout pas dans l'eau bouillante, dans les acides et les alcalis. Lorsqu'on le chauffe, il donne de légères traces d'eau, et devient jaune ; il fond ensuite et dégage avec effervescence 8 pour cent d'oxigène, ce qui fait fumer ce gaz comme celui qu'on obtient du chlorate de potasse ; ce qui reste est du tellurite double de potasse soluble dans l'eau et les acides.

Acide tellureux avec chlorate de potasse. Chauffé avec du chlorate de potasse, l'acide tellureux décompose ce sel. La masse jaunit ; il se dégage de l'oxigène, et il se forme du quadrotellurate jaune de la modification *a*. Le sel reste à nu en lavant la masse saline avec de l'eau. La dissolution aqueuse contient en outre du chlorure de potassium et du chlorate de potasse indécomposé, une petite quantité de tellurate double de potasse de la modification *b*.

Tellurite de potasse avec chlore. Si l'on fait passer un courant de chlore sur du tellurite de potasse desséché, il ne subit point d'altération à la température ordinaire de l'air. Mais si l'on chauffe doucement, la masse se fonce en couleur et le chlore est absorbé. Si l'on poursuit l'opération jusqu'à un certain point, il n'y a plus de changement et l'absorption cesse. Après le refroidissement, la masse est de couleur jaune, et si on la traite par l'eau, elle laisse un dépôt de quadrotellurate jaune indissous qui appartient à la modification *a*.

La formation de ce sel est due à une puissante affinité ; il se produit aussi lorsqu'on fait un mélange intime d'acide tellurique hydraté et d'une petite quantité d'un sel

Digitized by Google

de potasse, du salpêtre ou du chlorure, et que l'on chauffe doucement cette préparation ; il n'est pas nécessaire d'approcher de la chaleur rouge. Ce sel est insoluble dans les acides sulfurique et hydrochlorique, et dans la potasse caustique, lorsqu'il est à un degré convenable de concentration et à la température de l'air ; il est attaqué par l'hydrate de potasse fondant et par l'acide nitrique tenu long-temps en digestion avec lui à la chaleur de l'ébullition ; mais, dans les deux cas, la modification *a* de l'acide se transforme en la modification *b*.

Tellurate de soude. Si l'on mêle de l'acide tellurique avec de la soude caustique, l'acide s'y dissout. Si l'alcali est en excès, et surtout si l'on chauffe doucement, le sel neutre forme aux parois du vase une croûte cristalline de cristaux grenus. Dans cet état, il est très difficile de le dissoudre, aussi bien dans l'eau chaude que dans l'eau froide. Une partie du sel reste dans l'eau-mère alcaline, et peut en être précipitée par l'alcool. On l'obtient alors également en grains non moins insolubles que les premiers. Le sel cristallisé renferme 13,1 pour cent d'eau ; ce qui correspond à deux atomes. Si l'on fait bouillir le sel avec des quantités d'eau qu'on renouvelle à plusieurs reprises, il se dissout ; mais il ne reste point en dissolution avec un excès d'alcali ; dans ce cas il se précipite peu à peu sous forme de grains. Si l'on évapore la dissolution au bain-marie, rien ne s'en sépare ; il reste à la fin une masse gommeuse, molle et soluble dans l'eau. Si on la dessèche de nouveau et complétement, le sel se trouve aussi insoluble qu'auparavant. En le chauffant jusqu'à lui faire perdre son eau de cristallisation, ce qui exige une chaleur presque rouge,

Digitized by Google

il reste avec une couleur blanche, tant qu'il est chaud; mais alors il s'est converti en une autre modification. Il est insoluble dans l'eau froide ou bouillante, et soluble à chaud dans de l'acide nitrique étendu. Il se divise dans la liqueur comme un lait; il finit bien par s'en séparer, mais non pas assez complétement pour que la liqueur devienne limpide.

On peut cependant obtenir le sel neutre en dissolvant dans l'eau des quantités atomiques égales d'acide tellurique et de carbonate de soude, évaporant jusqu'à siccité à une température qui ne s'élève pas au dessus de 100°; la perte de poids indiquera que l'acide carbonique a été entièrement chassé. Sans cette précaution, on n'obtient qu'un mélange de tellurate neutre et de tellurate double de soude, avec du carbonate de la même base. Le sel qui reste est insoluble au même degré que celui qui a été précipité par la soude caustique ou l'alcool.

Tellurate double de soude. On verse une dissolution d'acide tellurique dans une dissolution bouillante de carbonate de soude, et on y mêle de l'acide acétique; après le refroidissement, il se précipite d'abord un sel qui se redissout promptement; c'est du bitellurate de soude, qui est peu soluble dans l'acétate de soude dans lequel il s'est formé. On évapore au bain-marie la dissolution claire, et il reste, lorsqu'elle ne possède plus l'odeur d'acide acétique, un résidu de tellurate double de soude mélangé d'acétate, dont on le sépare en le lavant avec de l'alcool à 0,85. On l'obtient alors sous forme d'un sel blanc et pulvérulent, qui se redissout dans l'eau lentement, mais complétement. Il renferme

Digitized by Google

14,78 pour cent d'eau de cristallisation, ou bien 4 atomes. Sa dissolution aqueuse, abandonnée à l'évaporation spontanée, se dessèche en une masse semblable à de la gomme, qui se fend, devient blanche comme du lait quand on la chauffe et se détache du verre. Dans cet état, elle se dissout très lentement dans l'eau, mais complétement néanmoins.

On obtient facilement ce sel en combinant 2 atomes d'acide tellurique avec 1 atome de carbonate de soude. Si l'on ajoute encore un demi, ou 1 atome de carbonate de soude, il ne se produit pas à froid de sel neutre ; mais en évaporant doucement la liqueur il s'en dépose, à mesure que la dissolution alcaline se concentre, des gouttes limpides de bitellurate, qui finissent par former une couche sirupeuse au dessous de la dissolution alcaline.

Si l'on chauffe le tellurate double de soude jusqu'à l'élimination complète de son eau de cristallisation, il devient d'un jaune de citron pâle, et passe à l'état de quadrotellurate jaune. L'eau, par un lavage long-temps prolongé, enlève le sel neutre, qui s'est formé en même temps.

Tellurate quadruple de soude. La meilleure manière de l'obtenir est de dissoudre dans l'eau des quantités atomiques d'acide tellurique et de carbonate de soude, et d'abandonner la dissolution à l'évaporation spontanée ; le sel se dessèche en une masse transparente, d'apparence gommeuse et un peu fendillée ; elle ne devient jamais bien dure à l'air ; elle peut recevoir des empreintes ; desséchée à une douce chaleur, elle donne une masse d'un blanc de lait, qui grippe au verre. Elle se redissout

Digitized by Google

lentement dans l'eau froide, et laisse pour résidu une poudre blanche; si l'on filtre et qu'on évapore de nouveau à chaud, il en reste une nouvelle quantité indissoute, et cette circonstance reparaît chaque fois que l'on évapore à chaud. Cette poudre blanche, insoluble dans l'eau bouillante, est la même combinaison hydratée, mais à l'état de modification insoluble, comme nous l'avons vue dans le sel de potasse. En la chauffant, elle se change, ainsi que le sel gommeux, en tellurate quadruple de soude jaune et anhydre, qui est aussi insoluble que le sel de potasse correspondant.

Le nitrate de soude donne avec l'acide tellureux les mêmes composés que ceux dont j'ai parlé à l'occasion du sel de potasse.

Tellurate de lithine. Le sel neutre, aussi bien que les tellurates double et quadruple, donne, après avoir été évaporé, une masse limpide, gommeuse, qui, desséchée à l'aide de la chaleur, devient d'un blanc de lait et s'attache au verre. Le quadritellurate, après avoir été desséché à 100°, forme, ainsi que les quadritellurates précédens, une poudre blanche, insoluble dans l'eau, qui est une autre modification de tellurate quadruple de lithine. En l'exposant à une plus forte chaleur, il devient jaune en perdant son eau de combinaison.

Tellurate d'ammoniaque. Si l'on verse de l'ammoniaque sur de l'acide tellurique en poudre, on obtient la même masse blanche et visqueuse que fournissent les autres alcalis. Si on la dissout en la faisant bouillir dans de l'ammoniaque caustique, et qu'on laisse refroidir, la masse se trouble tout entière, et le sel neutre se dépose en grains blancs qui n'ont point d'apparence cristalline.

Digitized by Google

La dissolution s'éclaircit avec le temps. Elle contient encore en dissolution beaucoup de tellurate d'ammoniaque, qui se précipite en grande partie par l'addition de sel ammoniac. Il n'est point nécessaire de saturer la dissolution de ce sel, parce qu'après une certaine quantité versée, il n'y a plus de précipitation. Le sel ammoniac ne précipite cependant pas totalement ce sel, et une addition d'alcool fournit un nouveau précipité. Lorsqu'on a filtré en lavant à l'alcool, on peut enlever le sel ammoniac qui lui est mélangé, et obtenir ainsi le tellurate à l'état de pureté. Cependant, lorsque la plus grande partie du sel ammoniac a été emportée, l'alcool commence à dissoudre une certaine quantité de tellurate, ce qui occasione un trouble dans la liqueur alcoolique des premières filtrations, lorsqu'il y est reçu. Après dessiccation, on obtient un sel blanc, comme terreux, soluble totalement, mais très lentement dans l'eau froide, et rapidement dans l'eau bouillante.

On peut obtenir le sel en une croûte cristalline et grenue en faisant chauffer jusqu'à l'ébullition une dissolution de tellurate neutre de potasse, ajoutant du sel ammoniac et un léger excès d'ammoniaque caustique, et laissant refroidir. On obtient le sel en une masse saline, presque solide, en faisant chauffer le précipité dans une dissolution de sel ammoniac de manière à le fondre, et le laissant ensuite refroidir.

Tellurate double d'ammoniaque. Une dissolution saturée de tellurate double de potasse n'est point précipitée par le sel ammoniac, lors même qu'on l'en sature; mais il précipite le sel de soude, parce qu'il peut être obtenu bien plus concentré. Dans ce cas, le sel préci-

Digitized by Google

pité s'agglomère aux parois intérieures du vase en une masse visqueuse. Si l'on chauffe le mélange, de l'ammoniaque se dégage ; ce qui prouve que le tellurate double est décomposé par la chaleur de l'ébullition. Le sel se dissout difficilement dans l'eau. Lorsqu'on l'y fait bouillir en vases fermés, de sorte que l'ammoniaque ne puisse s'échapper, la portion qui n'est pas dissoute se fond en une masse blanche, qui, par le refroidissement, prend de la dureté. La dissolution refroidie laisse déposer aux parois du vase une très petite quantité d'un sel en petits grains. La même chose a lieu lorsque l'on chauffe le sel dans une dissolution de sel ammoniac ; mais la différence dans la solubilité entre la liqueur froide et la liqueur chaude paraît être encore un peu plus grande.

Tellurate quadruple d'ammoniaque. On l'obtient en précipitant une dissolution de sel de soude au moyen du sel ammoniac. Le précipité est floconneux, ne s'agglomère pas ; on l'augmente par une addition d'alcool ; on peut s'en servir aussi pour le laver sur le filtre. Il faut beaucoup d'eau pour le dissoudre. Exposé au feu, il se fond un peu, bout et donne de l'eau, mais il conserve sa couleur blanche.

Lorsqu'on abandonne à l'évaporation spontanée ou qu'on évapore à une douce chaleur une dissolution de tellurate d'ammoniaque, il se perd de l'ammoniaque et de l'eau, et il reste sur le verre une pellicule transparente et semblable à de la gomme. Si on l'arrose d'eau, elle devient blanche comme du lait. Elle se dissout très lentement, et il lui faut beaucoup d'eau froide pour sa dissolution. L'eau bouillante la dissout plus facilement, et elle ne se précipite pas par le refroidissement. C'est

Digitized by Google

du tellurate quadruple d'ammoniaque. En le chauffant avec beaucoup de précaution, on peut l'obtenir avec la couleur jaune; je n'ai pu cependant déterminer s'il ne contenait pas encore un peu d'ammoniaque.

Tellurate de baryte. On obtient le sel neutre en dissolvant dans l'eau un tellurate neutre, et y mêlant du chlorure de barium en dissolution. Il forme d'abord un précipité volumineux; mais il gagne rapidement le fond et s'y rassemble en un dépôt blanc et pesant, lequel, lavé et desséché, fournit une farine blanche; du moins il ne faut qu'une légère pression pour le réduire à cet état. Ce caractère le distingue du tellurite de baryte et des tellurates, double et quadruple de cette base; car le mélange d'une très petite quantité de ces sels empêche ce composé de se rassembler. Si le mélange d'un sel acide détruit cette propriété, l'addition d'un peu d'ammoniaque caustique la rend au précipité. Ce sel est soluble dans l'eau jusqu'à un certain point; de sorte qu'il ne se sépare point d'une dissolution très étendue, et que, s'il est récemment précipité, l'agitation suffit pour le redissoudre. On perdrait une partie du sel, si l'on n'évaporait point les eaux de lavage. Il est bien plus soluble dans l'eau bouillante que froide; il reste sous forme d'une terre blanche lorsqu'on évapore la dissolution. Il est très soluble dans l'acide nitrique; celui-ci se combine complétement avec la base, et l'acide est éliminé. L'ammoniaque caustique ne le décompose point, même en l'y laissant digérer dans un vase fermé avec un bouchon. Le tellurate de baryte contient de l'eau de cristallisation, que l'on ne peut lui enlever à une chaleur de 200°; elle se dégage cependant à une température plus

Digitized by Google

élevée, mais insuffisante pour le décomposer. Je lui ai trouvé la composition suivante, en déterminant directement l'eau de cristallisation, en dissolvant le sel anhydre dans de l'acide nitrique faible, et précipitant la baryte par l'acide sulfurique :

	Trouvé.	Calculé.
Acide tellurique...	45,846	45,982
Baryte.....	39,819	39,935
Eau.....	14,335	14,083

Le résultat calculé appartient à la formule,

$$\dot{Ba}\,\ddot{Te} + 3\,\underline{\dot{H}}.$$

Tellurate double de baryte. On obtient ce sel en précipitant un sel de baryte par du tellurate double de soude. Il est bien plus soluble dans l'eau que le précédent; de sorte que l'on n'obtient pas de précipité dans des dissolutions étendues. Il forme une masse volumineuse et floconneuse qui ne se rassemble pas, et que non seulement l'eau de lavage ne dissout pas, mais encore qui se décompose en un sel acide lequel, tenu en dissolution par l'acide tellurique libre, passe par le filtre, tandis que la portion qui reste sur le filtre contient, à l'état de mélange, une quantité correspondante de sel neutre. Aussi ne peut-on jamais l'obtenir pour une analyse avec tout son acide tellurique; l'on a toujours de 2 à 3 pour cent de baryte de plus qu'on ne devrait en obtenir par le calcul. Il y a 10 pour cent d'eau, correspondant à 3 atomes, lesquels donnent par le calcul 9,63 pour cent.

Tellurate quadruple de baryte. On l'obtient d'un sel de baryte et du tellurate quadruple de soude. Il est plus

Digitized by Google

volumineux et plus soluble que le précédent. L'acide acétique le dissout, et, après l'évaporation de ce dernier, il reste sous forme d'une masse blanche et terreuse. Lorsqu'on le chauffe, il devient jaune; en refroidissant il reprend sa couleur blanche, et il ne paraît point former de combinaison analogue aux sels jaunes des bases alcalines.

Le tellurate de strontiane s'obtient sous forme d'un précipité blanc et floconneux. Il ne se rassemble point. Il se redissout par une addition d'eau très abondante.

Tellurate de chaux. Se comporte comme les précédens. Sa dissolution dans l'eau bouillante laisse, après l'évaporation de l'eau, la combinaison terreuse.

Tellurate de magnésie. C'est un composé blanc et floconneux, qu'une addition d'eau dissout plus facilement qu'aucun des sels terreux qui précèdent.

Aucune des dissolutions étendues et neutres de ces sels terreux n'est précipitée par le tellurate double de potasse, parce que l'on ne peut obtenir sa dissolution assez concentrée pour cet objet; on obtient, au contraire, des précipités solubles dans l'eau par une addition de tellurate double de soude.

Tellurate d'alumine. On l'obtient sous forme d'un précipité blanc et floconneux, qui se dissout dans un excès de sel d'alumine. Ce n'est que lors qu'il est décomposé jusqu'à un certain degré, que le précipité est stable. On le redissout en ajoutant une plus grande quantité de sel d'alumine.

Tellurate de glucine. Des dissolutions neutres de glucine sont précipitées en flocons blancs, tant par le tellurate neutre que par le tellurate double de potasse.

Digitized by Google

Le tellurate d'yttria agit de même. Aucune de ces précipitations ne se dissout dans un excès de sel terreux.

Tellurate de zircone. Le tellurate neutre de potasse, versé dans une dissolution de chlorure de zirconium cristallisé et exempt d'un excès d'acide, y produit un précipité qui se dissout dans un excès du sel de zircone. Lors même que cet excès est décomposé, le précipité se maintient; il est alors volumineux et demi-transparent, comme de la silice précipitée de la liqueur des cailloux par les acides.

Le tellurate de thorine est un précipité blanc, floconneux, insoluble dans un excès de sel terreux.

Le tellurate d'oxidule de manganèse est un précipité blanc, floconneux, qui, formé dans un sel rose de manganèse, passe au rouge rose aussitôt qu'il arrive au fond.

Le tellurate d'oxidule de fer se précipite avec la couleur blanche, mais presque instantanément il passe au gris verdâtre, et enfin à la couleur de rouille.

Le tellurate d'oxide de fer est d'un jaune pâle et floconneux; il se redissout dans un excès de sel de fer; après sa complète décomposition, il est stable. Lors même qu'il a été précipité dans une dissolution rouge foncé de chloride de fer basique, le précipité se redissout tant que la liqueur renferme un certain excès de chloride.

Tellurate d'oxide de cobalt. C'est un précipité volumineux, floconneux, de couleur bleuâtre pourprée.

Tellurate d'oxide de nickel. C'est un précipité blanc, floconneux, teinté de vert.

Tellurate d'oxide de plomb. L'acide se combine avec

Digitized by Google

cet oxide suivant un grand nombre de degrés de saturation, et tous se précipitent. Sa combinaison neutre est blanche, assez pesante et peu soluble dans l'eau. Il se précipite du tellurate double et quadruple de plomb, mais le lavage en dissout beaucoup. Le dernier de ces sels est très légèrement soluble dans l'acide acétique, qui, lorsqu'on l'évapore, abandonne le sel sous forme d'un dépôt terreux blanc. On ne peut, à l'aide de la chaleur, le convertir en un sel analogue aux sels jaunes donnés par les alcalis ; et, après avoir été fortement chauffé, il continue à se dissoudre dans l'acide nitrique. Il est jaune, il est vrai, tant qu'il est chaud, mais il redevient blanc dès qu'il est froid. On obtient *le tellurate basique de plomb* en précipitant le tellurate neutre de potasse par l'acétate de plomb. Il est lourd et volumineux, difficile à laver, et pas complétement insoluble dans l'eau. Il appartient cependant aux précipités les moins solubles. Je m'en suis servi pour l'analyse de plusieurs tellurates ; j'ai précipité la liqueur filtrée par de l'acide sulfurique ; j'ai séparé le précipité, évaporé la liqueur jusqu'à siccité, et enlevé au sel l'excès d'acide. En dissolvant de nouveau le sel, il est toujours resté un peu d'acide tellureux non dissous ; il a fallu le séparer, puis évaporer le sel, qui, soumis ensuite à une calcination, a donné la potasse qu'il renfermait.

Le tellurate d'oxide d'urane est un précipité volumineux, d'un beau jaune pâle, insoluble dans un excès de nitrate d'oxide d'urane.

Le tellurate d'oxide de cuivre forme un précipité volumineux, demi-transparent, vert céladon ; le ton

Digitized by Google

n'en est pas très beau. Le tellurate double a une couleur plus pâle ; il se précipite comme le sel neutre.

Tellurate d'oxidule de mercure. Si l'on arrose du nitrate d'oxidule de mercure cristallisé, réduit en poudre fine, avec une dissolution de tellurate neutre de potasse, il y a décomposition réciproque, et l'on obtient un précipité jaune-brun foncé de tellurate d'oxidule de mercure. Si l'on dissout le nitrate d'oxidule dans l'eau, la dissolution est acide. En y versant par gouttes le sel de potasse, on obtient au premier moment la couleur du sel neutre, laquelle passe bientôt au jaune-pâle, ce qui paraît provenir de la formation de tellurate double d'oxidule de mercure.

Le tellurate d'oxide de mercure est un précipité volumineux, floconneux et blanc.

Tellurate d'argent. Si l'on mêle une dissolution parfaitement neutre de nitrate d'argent avec une dissolution de tellurate de potasse pur, il se produit un précipité jaune foncé analogue à de l'arséniate d'argent. C'est le sel neutre. L'eau le décompose en formant une dissolution d'un tellurate d'oxide dans de l'acide libre, et laissant indissous un sel basique. C'est pour cela que le composé ne se produit que dans des liqueurs d'un certain degré de concentration. Si on lave le tellurate d'argent sur le filtre, il se fonce de plus en plus, et si on le traite par de l'eau bouillante, il finit par rester un sel basique de couleur brun de foie ; la formule $\dot{Ag}^3\,\ddot{Te}^2$ représente sa composition. Le tellurate d'argent est soluble dans l'ammoniaque caustique sans coloration ; si l'on mêle cette dissolution avec du nitrate d'argent contenant de l'ammoniaque, et que l'on évapore, à mesure que l'al-

Digitized by Google

cali se dégage, il se précipite un sel basique d'un brun noir, qu'on représente par $\dot{A}g^3\,\ddot{T}e^2$. Ce sel, non plus que le précédent, ne contient pas d'eau de combinaison. On les a analysés en les convertissant en chlorure d'argent.

Une dissolution très étendue de nitrate d'argent versée goutte à goutte dans une dissolution de tellurate double d'un alcali également diluée, produit au premier moment un précipité jaune foncé, qui devient bientôt brun foncé, c'est-à-dire que, se trouvant dans beaucoup d'eau, il s'y change en sel basique. En agissant sur une dissolution plus concentrée, on en précipite des sels d'argent volumineux, floconneux, d'un jaune foncé, et correspondant aux tellurates double et quadruple de soude.

Pour des analyses de tellurates, dans lesquelles je voulais déterminer la quantité de l'acide tellurique, je me suis servi du tellurate d'argent; j'ajoutais du nitrate d'argent en léger excès, je dissolvais le précipité dans de l'ammoniaque, et évaporais la liqueur jusqu'à ce que l'excès d'ammoniaque fût chassé, je filtrais pour en séparer le tellurate basique d'argent, qui était mis sur un filtre pesé et desséché à 100° dans un courant d'air privé d'humidité. Le sel renferme 79,8 parties d'oxide d'argent, et 20,2 d'acide tellurique. Par ce procédé, j'ai cependant toujours obtenu un peu moins d'acide tellurique que, lorsque l'argent en excès avait été précipité de la liqueur, pour déterminer la quantité de base, en la transformant en chlorure; cette circonstance m'a donné quelque embarras. Cependant ces expériences

Digitized by Google

étaient assez exactes pour déterminer à quel degré de saturation appartenait une combinaison.

Tellurate d'oxidule de chrôme. Il forme un précipité floconneux, d'un vert grisâtre, et rougeâtre par transmission; il est soluble dans un excès du sel d'oxidule de chrôme, et n'est stable que lorsqu'il est décomposé. Ce serait le lieu d'attirer l'attention sur cette concordance dans leurs réactions des composés d'alumine, de zircone, d'oxide de fer et d'oxidule de chrome; tous se dissolvent dans un excès du sel employé, probablement pour former un sel double, soluble avec le tellurate récemment produit. On sait que toutes ces bases contiennent 2 atomes de radical et 3 atomes d'oxigène. On ne retrouve point cette réaction dans les bases qui ne renferment qu'un atome d'oxigène. L'oxide d'urane et la glucine, d'après tout ce que nous pouvons conjecturer à cet égard, contiennent bien aussi 3 atomes d'oxigène, mais les précipités ne sont pas dissous.

Le tellurate de potasse neutre ne produit pas de précipité dans la dissolution aqueuse de chlorure d'or et de potassium.

Tellurites.

L'acide tellureux est un acide si faible, qu'il peut à peine, aidé de la chaleur, chasser l'acide carbonique. Aussi ses sels sont-ils facilement décomposés par l'acide carbonique de l'air; comme les tellurates ils ont une saveur métallique, et ne possèdent aucune des colorations données par l'acide. Ceux à base alcaline sont solubles dans l'eau, ceux des terres alcalines y sont un peu solu-

Digitized by Google

bles, et ceux des terres proprement dites et des oxides métalliques y sont tout à fait insolubles, bien que cependant on ne puisse les laver, ainsi que cela a lieu pour les tellurates, sans que l'eau de lavage n'enlève des traces d'acide tellureux. Les caractères dépendans du tellure sont, dans les tellurites, les mêmes que dans les tellurates. Ils se distinguent de ces derniers en ce que l'acide hydrochlorique concentré les dissout avec une couleur jaune, que la dissolution chauffée n'a point d'odeur de chlore, et qu'elle est précipitée par une addition d'eau froide. Il faut pour cela cependant, qu'on n'ait pas employé plus d'acide hydrochlorique que n'en exige le sel pour sa dissolution. Une dissolution très acide peut être étendue sans donner de précipité. Les tellurites solubles sont précipités en blanc par l'infusion de noix de galle.

L'acide tellureux a des sels de plusieurs degrés de saturation. Avec un excès d'acide ils ont le même multiple que ceux de l'acide tellurique. Il donne aussi des sels basiques. Les tellurites neutres et particulièrement ceux des alcalis fixes, se fondent à la chaleur rouge, et cristallisent en se refroidissant d'une manière remarquable. Les tellurites doubles fondent encore plus facilement que les neutres et cristallisent aussi, mais moins distinctement. Les tellurites quadruples fondent souvent avant la chaleur rouge, et forment alors un liquide jaune foncé qui, en se refroidissant, se solidifie en un verre incolore. C'est du moins ce qu'on observe dans les tellurites quadruples des alcalis fixes et de la baryte. Il faut se servir de ce caractère entre autres, comme étant très important. En général, il se forme de préfé-

Digitized by Google

rence des tellurites quadruples, et ce sont les mieux caractérisés.

Tellurite de potasse. La tendance de l'acide tellureux à former des sels de divers degrés de saturation, est cause que rarement on peut obtenir par la voie humide un sel d'un degré de saturation voulu. Mais on réussit plus sûrement par la voie sèche en fondant des quantités pesées d'avance. Si l'on fait fondre ensemble des quantités pesées d'acide tellureux et de carbonate de potasse, ce dernier étant pris en excès, on trouve qu'il s'en dégage un atome d'acide carbonique par atome d'acide tellureux. Si l'on fait fondre un atome d'acide tellureux avec un atome de carbonate de potasse à une chaleur lentement conduite, pour éviter que rien ne se perde par l'effervescence, on obtient un composé qui fond à la chaleur rouge, et qui, lentement refroidi, se prend en un tissu de cristaux grands et réguliers que l'on distingue facilement dans la masse refroidie; la masse peut être brisée suivant les faces de clivage des cristaux. Le sel se dissout assez lentement dans l'eau froide, plus rapidement dans l'eau chaude, et si l'on évapore la dissolution dans une atmosphère d'acide carbonique et au dessus de l'acide sulfurique, elle arrive à une consistance sirupeuse, et se prend entièrement en une masse grenue qui n'est point déliquescente à l'air. Le sel a une réaction alcaline et une saveur caustique. Dissout, il absorbe l'acide carbonique de l'air et se transforme en le sel suivant.

Tellurite double de potasse. Il s'obtient en fondant ensemble des quantités pesées d'acide tellureux et de carbonate de potasse. Le sel fond à une température rouge à

Digitized by Google

peine naissante, et se prend en refoidissant en une masse fortement cristallisée. Elle est demi-transparente et incolore ; fondue, elle est jaune. L'eau décompose ce sel. L'eau froide laisse une poudre blanche indissoute ; l'eau bouillante le dissout complétement. La liqueur, en se refroidissant, fournit un sel grenu qui est du tellurite quadruple de potasse. Cela provient de ce que le sel ne pouvant exister dans une dissolution froide, se transforme en sel neutre qui reste dans la liqueur, et en sel quadruple qui se précipite. On peut l'obtenir aussi par voie humide, mais seulement d'une dissolution bouillante ; il faut pour cela y mêler beaucoup de sel neutre et évaporer au bain-marie. Le tellurite double forme aux parois du vase une croûte cristalline que l'on reconnaît au caractère qu'elle possède d'être décomposée par l'eau froide, et dissoute sans altération par l'eau bouillante.

Tellurite quadruple de potasse. On l'obtient en faisant bouillir quelques instans avec une dissolution de carbonate de potasse, de l'acide tellureux préalablement fondu et pulvérisé, filtrant la liqueur bouillante et l'abandonnant à un refroidissement lent. Le sel s'attache en grains aux parois du vase ; on en obtient davantage par l'évaporation de l'eau-mère. Le sel cristallisé a une apparence nacrée, et, au microscope, les grains paroissent composés d'un ou plusieurs prismes ou tables, courts, réguliers et à six pans. La formation de ce sel s'explique en disant que l'acide tellureux n'a eu que la puissance de chasser assez d'acide carbonique pour qu'il se formât du tellurite double ; or, la dissolution de ce sel faite à la chaleur de l'ébullition, se décompose en refroidissant, en tellurite quadruple de potasse qui se dé-

Digitized by Google

pose, et en tellurite neutre qui reste en dissolution. Le tellurite quadruple de potasse ne peut plus être dissous dans l'eau sans se décomposer. En le traitant par l'eau froide, celle-ci en extrait du tellurite neutre et du tellurite double de potasse, en laissant un résidu d'acide tellureux hydraté, qui, un peu gonflé et gélatineux, conserve la forme des cristaux. Si, au contraire, on le fait bouillir avec de l'eau, celle-ci dissout le tellurite double de potasse, et laisse l'acide tellureux précipité sous forme d'une poudre abondante et pesante. Par le refroidissement, le tellurate quadruple se sépare de la dissolution. Ce phénomène, bien que facile à comprendre aussitôt que l'on connaît la manière d'agir du tellurite double, est d'abord très embarrassant surtout parce qu'il est de ceux qui se montrent les premiers. Le tellurite quadruple de potasse renferme 4 atomes d'eau. Lorsqu'on la chasse, il se boursouffle comme du borax, pas autant néanmoins, et fond ensuite à la chaleur rouge naissante, en un liquide jaune qui, en refroidissant, se solidifie en un verre clair et incolore. Ce verre pulvérisé et traité par l'eau bouillante se comporte absolument comme le sel cristallisé. L'acide tellureux qui, dans cette expérience, reste après qu'on a épuisé par l'eau bouillante, contient encore quelques traces de base; mais elles ne s'élèvent pas à plus de $\frac{1}{3}$ de centième.

On a déterminé la composition de ce sel, en le dissolvant dans l'acide hydrochlorique, précipitant le tellure par l'hydrogène sulfuré et évaporant la dissolution à siccité; dans cette opération, il s'est formé de nouveau un peu de chlorure de tellure par suite de la dissolution du sulfure de ce métal dans l'acide hydrochlorique. On

Digitized by Google

l'a converti de nouveau en sulfure de tellure, et ajouté à celui obtenu précédemment; puis, on a évaporé le chlorure de potassium, fait décrépiter le sel, et pesé. 0,765 gr. de sel ont donné 0,695 gr. de résidu fondu anhydre; l'eau s'élève donc d'après cela à 0,70. Le chlorure de potassium obtenu pesait 0,143, et le sulfure de tellure desséché à 100° dans un courant d'air sec a donné 0,7325. Si l'on calcule ces valeurs, comme potasse et acide tellureux, on a pour le sel la composition suivante en centièmes :

	Trouvé.	Calculé.
Acide tellureux ...	79,023	79,397
Potasse.....	11,824	11,689
Eau.....	9,153	8,914

Le calcul est basé sur la formule $\dot{K}\,\ddot{T}e^{4} + 4\,\dot{H}$.

Tellurite de soude. Le sel neutre préparé par la voie sèche, par fusion, est liquide à une bonne chaleur rouge; à une température plus basse, mais encore visiblement rouge, il se prend en grands cristaux réguliers. Si on le refroidit rapidement, il végète en se solidifiant. Il se dissout lentement, mais complétement dans l'eau froide, plus promptement dans l'eau chaude, et la dissolution refroidie reste claire. Dans le cas où l'acide tellureux aurait été mélangé d'une autre base, il resterait un résidu indissous. Ce sel ne peut être amené à cristallisation par une addition de soude caustique, mais bien en précipitant par l'alcool une dissolution aqueuse concentrée. On voit quelquefois au bout de quelque temps cette dissolution se convertir en cristaux réguliers et assez volumineux qui appartiennent à un sel hydraté. Il se dessèche

Digitized by Google

dans le vide, au dessus de l'acide sulfurique, en une masse blanche et qui a l'aspect d'une terre.

Tellurite double de soude. Préparé par la voie sèche, ce sel est fusible et cristallise par le refroidissement, mais moins régulièrement que le sel neutre. L'eau le décompose exactement de même que le sel de potasse correspondant.

Tellurite quadruple de soude. On l'obtient, comme celui de potasse, d'une dissolution faite à chaud de tellurite double de soude qu'on laisse refroidir lentement. Il se présente cristallisé en écailles nacrées, qui sont quelquefois très volumineuses; lorsqu'on peut en voir la forme, on reconnaît des tables à six pans ou plutôt des feuilles minces. Quant à ses autres réactions, elles sont absolument les mêmes que celles du sel de potasse, seulement il se boursouffle davantage lorsqu'on le chauffe. Analysé de la même manière que le sel de potasse, il a donné :

	Trouvé.	Calculé.
Acide tellurique....	80,46	80,854
Soude.....	8,32	7,851
Eau.....	11,22	11,291

Le calcul est basé sur la formule $\dot{N}a\ \ddot{T}e^4 + 5\,\underline{H}$.

Tellurite de lithine. Le sel neutre préparé par fusion, cristallise par un refroidissement très lent; s'il est plus rapide, il s'enfle comme le sel de soude. Il est soluble dans l'eau, et, desséché sur l'acide sulfurique, donne une masse blanche, terreuse, à peine cristalline. Je n'ai point essayé de l'obtenir en cristaux en le précipitant par l'alcool.

Digitized by Google

Le tellurite double se fond facilement et cristallise en se solidifiant. L'eau froide le décompose, bouillante elle le dissout sans altération ; cette dissolution fournit en se refroidissant du tellurite quadruple de lithine en grains laiteux sur lesquels l'eau et la fusion agissent tout à fait comme sur les sels correspondans des alcalis précédens.

Tellurite d'ammoniaque. L'ammoniaque attaque peu l'acide tellureux de la modification *a*; elle dissout, au contraire, instantanément celui de la modification *b*. Je n'ai pu obtenir cette combinaison à l'état solide. Le sel ammoniac, il est vrai, produit dans une dissolution saturée d'acide tellureux dans l'ammoniaque, un précipité blanc, volumineux et floconneux ; mais il paraît provenir de la formation d'un sel acide ; car ce précipité, après avoir été lavé avec de l'alcool, n'est plus soluble dans l'eau, et si l'on ajoute plus d'ammoniaque à la liqueur ammoniacale précipitée, on dissout le précipité, et l'on ne peut plus le reproduire par une addition d'une nouvelle quantité de sel ammoniac. L'alcool cependant donne encore un précipité, mais après avoir été lavé, il est aussi insoluble dans l'eau que le premier. Si l'on évapore à une très douce chaleur une dissolution d'acide tellureux dans l'ammoniaque caustique, on obtient des grains blancs qui sont pour la plupart de l'acide tellureux hydraté, rendu impur par un peu d'ammoniaque. 100 parties de cette substance ont donné 92,4 p. d'acide tellureux fondu, 7,19 d'eau, et 0,43 d'ammoniaque.

Tellurite quadruple d'ammoniaque. Je l'ai obtenu en dissolvant, à l'aide de la chaleur, dans du carbonate d'ammoniaque, de l'acide tellureux hydraté ou même du chlorure de tellure, et ajoutant un peu de sel ammo-

Digitized by Google

nac à cette dissolution encore chaude. Il s'est formé peu à peu un précipité grenu et pesant, très semblable au sel de potasse correspondant; mais au microscope les grains paraissaient opaques et informes. Ces grains desséchés à 60° et chauffés dans un creuset de platine découvert, ont répandu une forte odeur d'ammoniaque, et ont laissé 0,831 d'acide tellureux. Si le sel était composé comme celui de potasse ($\underline{\dot{N} H^3} \ddot{T}e^4 + 4 \dot{H}$), c'est-à-dire s'il était un sel d'oxide d'ammonium à quatre atomes d'eau de cristallisation, on aurait dû obtenir d'après le calcul, 0,837 d'acide tellureux.

La combinaison précipitée par l'alcool de la dissolution ammoniacale et lavée avec de l'alcool, s'est comportée exactement de la même manière, et a laissé un résidu de 0,8387 d'acide tellureux.

Tellurite de baryte. On obtient le sel neutre par la voie humide sous forme d'un précipité volumineux, floconneux et blanc, soluble dans une grande addition d'eau. On le prépare par la voie sèche, en fondant ensemble des quantités pesées d'acide tellureux et de carbonate de baryte; l'acide carbonique est entièrement chassé, et la masse se fond à une bonne chaleur rouge en un liquide jaune; en refroidissant, il cristallise et devient incolore. L'eau bouillante en dissout très peu, mais assez cependant pour prendre une réaction alcaline, et se troubler peu à peu à l'air en déposant du carbonate et du tellurite quadruple de baryte.

Le tellurite quadruple de baryte préparé par fusion se fond à une chaleur rouge à peine naissante, et se prend en un verre clair et incolore. On l'obtient par la voie

Digitized by Google

humide, en traitant le sel neutre par de l'acide nitrique très étendu. Il se présente alors comme une masse volumineuse et floconneuse. Il se dissout à chaud dans un excès d'acide nitrique. En évaporant ou faisant bouillir la liqueur, l'acide tellureux ne s'en sépare pas, si ce n'est lorsque l'acide nitrique commence à se dégager ; il vient alors à la surface sous forme d'une croûte mince, et se dépose aux parois et au fond du vase sous celle d'une masse blanche non cristalline.

Tellurite de strontiane. Le sel neutre se comporte comme celui de baryte.

Tellurite de chaux. Le sel neutre obtenu par voie humide forme un précipité blanc floconneux. Il est soluble dans une abondante addition d'eau, et encore plus dans l'eau bouillante ; il s'en dépose par refroidissement à l'état de terre blanche. On l'obtient par la voie sèche, sous forme d'une masse saline blanche, qui n'entre point en fusion à la température où fond l'argent.

Tellurite double de chaux. Il fond à la chaleur presque blanche, et en refroidissant, se solidifie en un gâteau opaque, composé d'écailles micacées, qui, sous une légère pression, sont friables comme des fragmens de mica.

Tellurite quadruple de chaux. Il fond plus facilement que le précédent, et comme lui prend en refroidissant un aspect micacé, ce qu'on peut voir aisément à sa cassure. Le sel fondu ne retient pas l'acide tellureux avec une telle force qu'il ne s'en volatilise pas un peu ; c'est pour cela que le sel répand des vapeurs à l'ouverture du creuset.

Tellurite de magnésie. Le sel neutre est un précipité

Digitized by Google

blanc et floconneux. Il est beaucoup plus soluble dans l'eau que l'un des sels terreux précédens; aussi ne peut-on pas le précipiter de dissolutions étendues. La solution se trouble à l'air, en déposant un mélange de carbonate et de tellurite quadruple de magnésie en flocons blancs.

Les tellurites d'alumine, de glucine, d'yttria, de zircone et de thorine se précipitent en flocons légers, blancs et volumineux. Aucun d'eux n'est soluble dans un excès de sel terreux.

Tellurite d'oxidule de manganèse. C'est un précipité blanc, floconneux, qui, s'il est formé dans un sel rose de manganèse, devient rose après s'être rassemblé. Le *tellurite d'oxidule de fer* se précipite en gris jaune, est floconneux; celui *d'oxide de fer* en beau jaune; le *tellurite d'oxide de zinc* est blanc et floconneux; le *tellurite d'oxide de nickel* est blanc, teinté légèrement de vert; *le tellurite d'oxide de cobalt* est pourpre foncé, le *tellurite d'oxide de plomb* est blanc et volumineux; le sel basique précipité par l'acétate de plomb est volumineux, demi-transparent, difficile à séparer de la liqueur par le filtre, se dissout quelque peu pendant le lavage. Le *tellurite d'oxide d'urane* est jaune citron pâle; le *tellurite d'oxide de cuivre* est d'un beau vert, avec une nuance du vert de Scheele, et bien plus riche en couleur que le tellurate. Le sel préparé par la voie sèche est fusible, noircit après son refroidissement, est vitreux, à cassure vitreuse, et donne une poudre brune tirant sur le vert. On peut facilement le fondre encore avec un atome d'oxide de cuivre; on obtient une masse noire dont la cassure est terreuse. Le *tellurite d'argent* est un précipité volumineux, blanc, tirant sur le jaune, soluble dans l'ammo-

Digitized by Google

niaque, et qui laisse déposer un sel basique d'un gris bleuâtre lorsqu'on chasse cet alcali. Le *tellurite d'oxidule de mercure* est un précipité d'un jaune foncé, qui devient brunâtre en quelques instans. Le *tellurite d'oxide de mercure* est blanc, forme un lait blanc dans la liqueur dans laquelle il se dépose. Il se produit aussi par suite de l'action de l'air sur le sel d'oxidule. Le *tellurite d'oxidule de chrome* est un précipité volumineux d'un gris verdâtre.

Sels haloïdes du tellure ; et sels dans lesquels l'acide tellureux fait fonction de base.

Ainsi que plusieurs oxides métalliques électro-négatifs, l'acide tellureux possède la propriété de se combiner, comme base, avec divers corps électro-positifs, et de donner avec les hydracides des salificateurs, à un certain degré de concentration, des sels haloïdes qui correspondent à son degré d'oxidation. Mais le tellure se combine aussi avec les salificateurs, comme le sélénium et le soufre, en proportions qui ne correspondent à aucun de ses degrés d'oxidation connus. Les sels haloïdes et les oxi-sels du tellure ont en général une saveur métallique désagréable, presque comme les sels d'antimoine, et à quelques exceptions près, sont décomposés par l'eau : l'acide tellureux se précipite dans un sel basique, dont on peut ensuite l'extraire entièrement par une nouvelle quantité d'eau. Ces sels ont pour réaction principale, lorsqu'ils sont dissous dans l'acide hydrochlorique, de laisser précipiter du tellure métallique lorsqu'on verse un sulfite d'un alcali dans leur dissolution ; de plus,

Digitized by Google

lorsqu'on les mêle avec un alcali caustique ou carbonaté, de l'ammoniaque même, ils donnent d'abord un précipité qui se redissout en augmentant l'addition d'alcali; mais lorsqu'on emploie un carbonate, il faut l'aider de la chaleur, si la quantité d'acide tellureux précipité est un peu considérable relativement à celle de l'alcali. Cela suffit pour les distinguer des sels d'antimoine et de bismuth, qui ont, il est vrai, quelque ressemblance avec eux en ce qu'ils sont précipités par l'eau, mais ne sont points réduits par l'acide sulfureux. Au reste, on a encore une réaction bien déterminée et facile à constater dans leur combustion avec un alcali et du charbon, que l'on peut opérer avec de petites quantités, en vases clos, aussi bien que dans la coloration rouge qu'on obtient en mettant la masse en contact avec l'eau.

Sels haloïdes.

Dans ses réactions vis-à-vis des salificateurs, le tellure fait voir la propriété de se combiner en toutes proportions par fusion, non seulement avec ses sels haloïdes propres, mais avec des composés haloïdes de divers métaux. Il s'éloigne en cela des métaux ordinaires, aussi bien que par sa faculté de se combiner par fusion en toutes proportions avec le soufre et le sélénium. L'eau décompose les sels haloïdes du tellure. Ils se combinent avec une certaine quantité d'eau, sans se décomposer, mais dès que la limite est dépassée, il se forme de l'acide hydrochlorique et de l'acide tellureux. Avec des sels haloïdes d'autres radicaux, le tellure donne des sels doubles qu'on peut obtenir cristallisés, et qui sont dé-

Digitized by Google

composés par l'eau ; mais il en faut bien davantage que pour les sels haloïdes simples du tellure.

Chlore et tellure. Le tellure ne forme point de combinaison correspondante à l'acide tellurique. On peut dissoudre l'acide tellurique dans de l'acide hydrochlorique concentré, et l'en retirer sans qu'il ait subi d'altération par une simple évaporation spontanée de l'acide hydrochlorique. Le tellurate de potasse ou de soude dissous dans l'acide hydrochlorique et abandonné à l'évaporation spontanée, fournit un mélange d'acide tellurique et de chloride de potassium ou de sodium cristallisés.

Chloride de tellure (1). On peut l'obtenir par voie sèche ou humide. Je parlerai prochainement du premier de ces procédés. Si l'on fait passer du chlore gazeux sur du tellure reduit en poudre, il n'y a point de réaction à la température ordinaire de l'air; mais si l'on chauffe doucement le tellure, la combinaison est si vive, que si l'on fournit assez de chlore il peut y avoir incandescence. Si la température est assez élevée pendant l'absorption du chlore, le tellure en excès se fond avec le composé de nouvelle formation, et l'on a un liquide épais et noir qui continue à absorber du chlore jusqu'à ce qu'il devienne transparent et rouge foncé, puis enfin jaune foncé. Après qu'il a pris de la transparence, il faut continuer à y faire passer du chlore en excès pendant quelque temps, si l'on doit l'en saturer complétement. En refroidissant, la couleur s'éclaircit et passe au jaune citron pur, et au moment où le composé

(1) Je désigne ainsi la combinaison qui correspond à l'acide tellureux.

Digitized by Google

se solidifie, il cristallise dans toute sa masse, et devient blanc comme de la neige. S'il est jaunâtre à l'état solide, c'est qu'il contient encore du chlorure.

Ses propriétés sont les suivantes : il est blanc, entièrement cristallisé, fond facilement, et jaunit alors; pendant quelque temps, avant que d'entrer en ébullition, il est rouge foncé. Il ne bout qu'à une très haute température, et en faisant des soubresauts qui rendent la distillation très difficile. Sa vapeur est jaune foncé, et se condense à l'air froid et sec en une farine blanche non cristalline. A l'air libre, le chloride de tellure tombe en déliquescence plus rapidement que le chlorure de calcium, et forme un liquide clair de couleur jaune, qui peu à peu devient laiteux, et enfin se dessèche en un sel basique, blanc et terreux, en dégageant de l'acide hydrochlorique. L'eau décompose le chloride de tellure. Il se dissout dans l'eau bouillante sans se décomposer. En se refroidissant lentement, la dissolution laisse déposer des cristaux d'acide tellureux, qui deviennent souvent assez volumineux, et sont mêlés avec les cristaux plus petits d'un sel basique. L'acide hydrochlorique dissout le chloride sans se décomposer; et si la quantité d'acide est suffisante, on peut étendre d'eau la dissolution sans y produire de précipitation.

Par voie humide, on obtient le chloride en dissolvant de l'acide tellureux dans de l'acide hydrochlorique. La couleur de cette dissolution saturée est jaune, lors même que les matières employées sont parfaitement incolores. Cette couleur est particulière au chloride à l'état liquide, et ne provient pas du mélange de matières étrangères. Elle disparaît complétement lorsque l'on décompose ce chlo-

Digitized by Google

ride par l'eau. Si l'on évapore au bain-marie le chloride préparé par voie humide, jusqu'à volatiliser tout l'excès d'acide hydrochlorique employé, on obtient un résidu transparent d'un jaune pâle, qui n'est plus altéré à cette température, et reste clair et solide après le refroidissement. Je ne l'ai point analysé, mais je le regarde comme une combinaison basique, parce qu'il ne tombe pas facilement en déliquescence, et qu'alors il devient laiteux, sans fournir comme le chloride un liquide clair.

Il est, au reste, difficile de former un chloride de tellure basique à degré déterminé, car l'eau sépare facilement de l'acide tellureux nouvellement formé, tout le chloride qu'il retient. Les cristaux qui se déposent d'une dissolution de chloride faite dans de l'eau bouillante, se décomposent lorsqu'on les chauffe, en décrépitant fortement comme l'acide tellureux, et en se boursoufflant comme du borax, propriété particulière au sel basique. La masse qui reste dans la cornue est bien plus fusible que l'acide tellureux, et devient transparente en se refroidissant. Elle contient du chlore même après une longue calcination. Lorsqu'il ne distille plus de chlorure, on voit paraître un sublimé cristallin. Ce sublimé est un sel basique qui partage avec l'eau, dans laquelle on l'a fait digérer, la propriété de donner un précipité de chlorure d'argent lorsqu'on y ajoute du nitrate d'oxide de ce métal. On n'en obtient cependant que fort peu. Dans une expérience analytique sur ce corps cristallin, j'ai obtenu contre 1 atome de chlorure d'argent 4 atomes d'oxide de tellure; ce qui indique la composition $\dot{Te}\,\underline{Cl} + 3\,\ddot{Te}$.

J'ai laissé une certaine quantité de chloride tomber en

Digitized by Google

déliquescence, puis se dessécher à l'air insensiblement; je l'ai ensuite analysée par distillation, après l'avoir desséchée dans la cornue à une température supérieure à 100°. J'eus un peu d'humidité, et une quantité de 1,240 se réduisit à 1,234. Celle-ci me fournit 0,088 de chloride sublimé. Les 1,46 gr. de résidu ont été décomposés par le carbonate de soude; la solution traitée par l'acide nitrique et précipitée par le nitrate d'argent. J'obtins ainsi 0,1692 de chlorure de ce métal correspondant à 0,11734 de chloride de tellure, lequel ajouté à celui précédemment obtenu, qui s'élève à 0,088 produisent 0,20534 de chloride. Le sel basique était donc formé de 0,20534 de chloride et de 1,0287 d'acide tellureux, quantités qui s'accordent à très peu près avec la formule : $\dot{T}e\,\underline{Cl} + 6\,\ddot{T}e$. Si l'on étend d'eau froide le chloride et qu'on lave le précipité, on n'y trouve plus de traces de chloride; l'acide tellureux ne donne pas de sublimé à la fusion, et cristallise en refroidissant.

Chlorure de tellure. Cette combinaison, dont M. H. Rose a fixé la composition à $\dot{T}e\,\underline{Cl}$, s'obtient en faisant un mélange à parties égales de chloride et de tellure métallique en poudre, et le soumettant à la distillation. A sa première apparition dans l'air de l'appareil, le gaz est de couleur pourpre; mais en continuant la distillation, lorsque tout l'air a été expulsé, il prend une teinte jaune prononcée. Le chlorure distillé présente peu ou point de traces de cristallisation. Il est noir, d'une fusion facile, plus volatil que le chloride; sa cassure est terreuse, sa poudre est d'un vert jaune, attire l'humidité de l'air, en s'entourant de gouttes limpides qu'une addition d'eau en

Digitized by Google

plus grande abondance. rend laiteuse. L'eau qu'on y ajoute le rend laiteux en formant de l'acide tellureux; l'acide hydrochlorique le rend métallique en dissolvant l'acide tellureux qui recouvrait auparavant la poudre métallique qui avait été formée. Rose a fait voir que la moitié de son tellure est réduit, et que l'autre moitié passe à l'état d'acide tellureux.

Le chlorure peut être fondu en toutes proportions avec le chloride; si le composé contient peu de chlorure, il devient rouge foncé à la fusion, et jaunâtre en refroidissant; s'il y en a davantage, il est opaque à la fusion et noir lorsqu'il est refroidi. La moindre quantité d'une matière végétale, mise en contact avec le chloride anhydre, le colore en jaune; et si l'on vient à le chauffer fortement, on voit se former le gaz jaune du chlorure, et un sublimé noir revêtir les parties plus froides de l'appareil.

D'autre part, le chlorure peut être fondu en toutes proportions avec le tellure. Si, après cela, l'on expose le métal dans un vase distillatoire à une forte chaleur, le chlorure passe bien le premier, mais les composés de degrés de chloruration inférieurs que forme le métal sont si peu volatils, que le dépôt de tellure métallique, que l'on peut tenir pendant quelques minutes à une température où le verre se ramollit, retient encore du chlore, et que les gouttes métalliques qui se sont sublimées en contiennent encore davantage. Le métal conserve son brillant, et on n'y soupçonnerait pas la présence du chlore; mais il se pulvérise plus facilement; sa saveur, après quelques instans, est acide sur la langue, et il rougit le papier de tournesol sur lequel on l'a placé.

Digitized by Google

La meilleure manière de le débarrasser des dernières traces de chlore, est, ou de le fondre dans de l'hydrogène, ou de le pulvériser et de le faire bouillir, d'abord avec de l'acide hydrochlorique, et ensuite avec de l'eau.

Le tellure se fond également avec le chlorure d'argent et forme une masse d'un éclat métallique, dure, blanche, à cassure cristalline; on peut la considérer comme un composé de sous-chlorure de tellure et de tellurure d'argent fondu avec un excès de tellure.

Chlorures doubles. Je n'en ai préparé que deux, parce qu'ils sont suffisans pour prouver l'existence de ce genre de composés.

Chloride de tellure et de potassium. Si l'on dissout du chlorure de potassium dans une dissolution muriatique d'acide tellureux, et qu'on laisse s'évaporer spontanément cette dissolution, il cristallise d'abord un peu de chlorure de potassium incolore; puis, lorsque la masse est arrivée à une consistance sirupeuse, le sel double cristallise en beaux cristaux jaune-citron, que l'on peut séparer de l'eau-mère en les pressant dans du papier absorbant. L'eau et l'alcool anhydre les décomposent également. En hiver, ils restent à l'air sans s'altérer; mais, dans un air ordinairement humide, ils tombent en déliquescence.

Chloride de tellure et d'ammonium. On l'obtient en ajoutant du sel ammoniac à une dissolution de chloride. Il cristallise plus facilement que le précédent en beaux octaèdres jaune-citron, qui très souvent sont mâclés et quelquefois tronqués en lames hexagonales régulières. L'excès de sel ammoniac cristallise au milieu d'eux en cubes incolores. L'eau et l'alcool anhydre le décompo-

Digitized by Google

sent. Il se dissout sans se décomposer dans une petite quantité d'eau, mais la dissolution est alors incolore. La couleur ne reparaît qu'à une nouvelle cristallisation.

Chlorure de tellure et d'ammonium. On l'obtient en sublimant un mélange de sel ammoniac et d'un tellurite. De l'ammoniaque et de l'eau se dégagent d'abord, et l'on a ensuite un sublimé noir, qui n'est autre chose que ce sel. Il est jaunâtre à sa cassure; sa cristallisation est radiée; il donne une poudre d'un jaune vert. Arrosé d'une très petite quantité d'eau, il blanchit d'abord; mais l'acide tellureux déposé se dissout de nouveau, et l'on obtient, surtout en chauffant un peu le mélange, un liquide limpide, qui donne un précipité de tellure métallique, lequel conserve la texture radiée qu'avait le sel. Une grande quantité d'eau élimine l'acide tellureux; on peut en purifier la poudre métallique en la lavant avec de l'acide hydrochlorique. La dissolution de sel ammoniac, abandonnée à une évaporation spontanée, laisse déposer des cristaux de sel ammoniac mêlés avec le sel double octaëdrique jaune dont on vient de parler.

Brômure de tellure. Bromide de tellure. Le brôme et le tellure se combinent à la température ordinaire de l'air avec dégagement de chaleur. La combinaison s'obtient le plus facilement en versant le brôme dans un tube fermé, que l'on tient plongé dans de la neige ou de l'eau à la glace, en y jetant le tellure en poudre et agitant un peu. L'excès de brôme qui reste encore combiné avec le brômide peut être dégagé par une distillation au bain-marie. Le brômide reste avec une couleur jaune-brûlé.

Les propriétés du brômide sont les suivantes : Il se

Digitized by Google

fond facilement en un liquide rouge-foncé, transparent, qui, en refroidissant, donne une masse cristalline. Soumis à la sublimation, il donne un gaz jaune-foncé, qui se condense, partie en une farine jaune, partie en aiguilles cristallines d'un jaune pâle. Il attire très lentement l'humidité de l'air. Une très petite quantité d'eau le dissout sans l'altérer; une plus grande le décompose en acide hydrobrômique et en sel basique qui, suivant l'excès de la base, est blanc ou jaunâtre, et se décompose également dans une plus grande quantité d'eau. La dissolution aqueuse de brômide, évaporée sur de l'acide sulfurique, cristallise, après être devenue sirupeuse, en tables rhomboïdales, d'un beau rouge foncé de rubis, qui, si elles se maintiennent encore après la dessiccation de la dissolution, perdent leur eau de cristallisation, et deviennent jaunâtres et terreuses. Le brômide hydraté cristallisé tombe en déliquescence à l'air avec une rapidité surprenante.

La réaction du brômide sur l'eau est intéressante en ce que la liqueur indique par sa couleur quand elle renferme du brômide indécomposé, et quand elle contient de l'acide tellureux et de l'acide hydrobrômique; dans le premier cas, la dissolution est jaune; elle est incolore dans le second. Si la dernière dissolution se concentre de nouveau par évaporation, on la voit jaunir de nouveau par les bords, et il reste enfin une couche de brômide fondu. Si on l'évapore au bain-marie, l'acide hydrobrômique se dégage avec les dernières portions d'eau, et il reste sur le verre un vernis jaune brûlé, qui ne fond point à l'air, et que la plus petite quantité d'eau rend laiteux. C'est par conséquent un brômide basique, ana-

Digitized by Google

de l'iode, et si l'on veut qu'il laisse une masse métallique chargée d'iode et saturée de tellure.

L'iodure possède les propriétés suivantes : Il est noir; sa surface a quelque éclat métallique; il est fusible, volatil, s'obtient en cristaux legers et duveteux; lorsqu'il a été fondu, sa cassure n'est pas cristalline; l'eau ne l'attaque pas du tout, pas plus à chaud qu'à froid; mais il se décompose en abandonnant du tellure métallique lorsqu'on le distille avec de l'ammoniaque ou de l'acide hydrochlorique. Une chaleur forte et rapide le décompose; il donne de l'iode en laissant une combinaison d'iode riche en tellure.

Iodide. On n'obtient qu'imparfaitement ce composé par voie humide, en faisant digérer ensemble de l'iode et du tellure en poudre. Après une longue action, il se forme une dissolution brune foncée, qui, évaporée au bain-marie, se décolore bientôt en partie, et laisse un résidu noir peu abondant qui se dissout dans l'eau avec une extrême lenteur et en la colorant en brun. Sous la cloche où se fait l'évaporation, l'on voit l'air se colorer de vapeurs d'iode, et cette dissolution n'est plus autre chose qu'une dissolution aqueuse d'iode favorisée par de légères traces d'iodide, qui, en se formant, empêchait qu'il ne s'en dissolvît ou ne s'en produisît davantage.

La meilleure manière d'obtenir l'iodide, est de pulvériser de l'acide tellureux et de le mettre en digestion dans un flacon couvert avec de l'acide hydriodique. Il se forme ainsi de l'iodide, dont une petite portion se dissout dans l'acide, qui se colore bientôt en brun-foncé. La masse s'agglomère, passe au gris-foncé et fournit enfin l'iodide. La partie principale reste indissoute de

Digitized by Google

cette manière, et forme des grains fins, presque noirs, faisant tache. La dissolution brune décantée peut être évaporée dans le vide, où l'on met de la chaux vive pour absorber l'iode et l'acide hydriodique; l'iodide reste alors en quantité peu considérable, formant une cristallisation prismatique irrégulière, gris-de-fer, et jouissant d'un éclat métallique. La sublimation décompose l'iodide. Il fond et entre en ébullition en dégageant d'abord de l'iode pur, et ensuite de l'iode chargé de plus en plus de tellure, jusqu'à ce qu'enfin il ne reste que du tellure tenant de l'iode. Par lui-même il est peu soluble, peut-être même tout-à-fait insoluble dans l'eau; sa dissolution est occasionée par la formation d'un sel basique et d'acide iodique qui dissout l'iodide. Il peut se laver à l'eau froide sans s'y dissoudre visiblement, et la colorer en brun. Néanmoins, en évaporant l'eau de lavage jusqu'à ce qu'elle donne un léger résidu, elle finit par brunir. Lorsque l'on met l'iodide humide sur du papier absorbant, il brunit tout à l'entour, tandis que le liquide absorbé se sèche. Si l'on arrose l'iodide avec de l'eau bouillante, et qu'on l'y laisse digérer quelque temps au bain-marie, on obtient une dissolution brune-foncée, et un sel basique gris-brun, de même forme que l'iodide en grains qu'on a employé; on ne parvient pas à le rendre blanc en le faisant bouillir avec de l'eau plusieurs fois renouvelée. La solution brune d'iodide ne se trouble point en l'étendant d'eau; en l'évaporant à chaud, elle donne de l'iode et de l'acide hydriodique sans se troubler autrement que par un dépôt d'iode qui vient à sa surface. L'iodide reste enfin sous forme d'une masse plus ou moins distinctement cristallisée, de couleur grise et d'un éclat métallique. Il

Digitized by Google

est soluble dans l'alcool, mais dans l'alcool anhydre même il se décompose en partie.

L'iodide de tellure basique s'obtient, comme on vient de le dire, en arrosant de l'iodide en poudre fine avec de l'eau bouillante et l'y laissant digérer. Par ce procédé, 100 parties d'iodide de tellure ont laissé 36,5 parties d'une poudre brune-grisâtre, qui était très pesante. Les deux tiers de l'iode contenu dans l'iodide ont été changés en acide hydriodique, pour dissoudre environ $\frac{1}{15}$ de l'iodide sans le décomposer. Le sel basique obtenu ne paraît pas être davantage décomposé par l'action de l'eau. Chauffé dans un vase distillatoire, il fond très difficilement, donne des traces d'humidité, laisse alors dégager de l'iode avec très peu de tellure, et enfin, arrivé à la chaleur blanche, du tellure métallique se sublime en gouttelettes; ce qui prouve que l'iodide est aussi décomposé dans cette combinaison par une haute température.

Si l'on sature de l'acide hydriodique d'autant d'iodide de tellure qu'il en peut dissoudre, et que l'on évapore dans le vide avec de l'acide sulfurique et de la chaux éteinte, on obtient, vers la fin de l'expérience, de longs prismes à quatre pans, d'un bel éclat métallique, dont les angles paraissent droits; ils semblent être une combinaison d'acide hydriodique et d'iodide de tellure. Placés dans un tube de verre que l'on ferme et que l'on tient quelque temps à la main, ils fondent en un liquide brun-foncé, qui se solidifie en se refroidissant. Si, au contraire, on les chauffe à 50 ou 60° dans un vase ouvert, et qu'on les tienne à cette température pendant quelque temps, ils ne fondent pas, mais donnent une vapeur brune d'acide hydriodique décomposé à l'air, et laissent

Digitized by Google

un squelette poreux et terne, de la forme des cristaux, que l'on reconnaît pour de l'iodide de tellure. L'eau les décompose en séparant l'iodide, et donne une dissolution brune d'iodide dans de l'acide hydriodique.

Iodides doubles. L'iodide se combine avec d'autres composés d'iode. Le procédé le meilleur pour obtenir ces combinaisons consiste à saturer exactement avec un alcali la dissolution concentrée de l'iodide dans l'acide hydriodique; ou bien à mêler à cette dissolution un composé d'iode, qui doit former avec elle le sel double qu'on veut avoir. Il est, au contraire, très difficile de dissoudre dans une dissolution d'iodide de potassium, par exemple, de l'iodide déjà précipité. En abandonnant cette dissolution à l'évaporation spontanée, le sel double cristallise en cristaux gris-de-fer, avec un brillant métallique, et dont les faces ont un éclat extraordinaire. Ils se dissolvent facilement dans l'eau en lui donnant une couleur brune, et supportent, jusqu'à ce que la solution commence à se troubler, une addition d'eau bien plus considérable que ne font les chlorures et les brômures correspondans. Le précipité est toujours peu abondant.

Iodide de tellure et de potassium. Il cristallise partie en prismes, partie en feuilles rhomboïdales, qui paraissent de même forme que le sel de brôme correspondant.

L'iodide de tellure et de sodium est un sel très soluble dans l'eau et l'alcool, qu'il est difficile d'amener à cristallisation par l'évaporation à chaud. Il n'a point d'éclat métallique, mais il est brun, retient de l'eau de combinaison et tombe en déliquescence au contact de l'air humide.

Digitized by Google

L'iodide de tellure et d'ammonium se présente en cristaux de même forme que ceux du chloride correspondant. L'excès d'iodide d'ammonium cristallise aussi au milieu du sel double en cubes ou en lames rectangulaires. Il se dissout dans l'alcool anhydre.

De l'acide tellurique et de l'acide hydriodique mêlés ensemble donnent une dissolution claire et brune, lors même qu'on emploie plus d'acide tellurique que n'en peut décomposer l'acide hydriodique. Comme dans ce cas, il ne se précipite pas d'iode, il s'ensuit qu'une combinaison de 1 atome de tellure et de trois doubles atomes d'iode est soluble dans l'eau; mais on ne peut l'obtenir à l'état solide, parce que le liquide soumis à une évaporation spontanée laisse déposer de l'iodide de tellure ordinaire, tandis que de l'acide tellurique incolore cristallise aux parois du vase. Il y a donc 1 atome d'iode qui se dégage par l'évaporation avec l'eau. En mêlant des dissolutions des deux acides tellement concentrées, qu'il se forme presque à l'instant un corps solide et noir, on n'obtient cependant que de l'iodide ordinaire, qui donne, en le traitant par l'eau bouillante, le composé d'iodide basique ordinaire, avec sa couleur foncée.

Tellure et fluore. Je n'ai pu produire que le fluoride. On l'obtient en dissolvant de l'acide tellureux dans de l'acide hydrofluorique. Lorsque la dissolution a été assez évaporée au bain-marie pour la réduire en un sirop épais et incolore, elle cristallise en refroidissant en mamelons blanc de lait, qui paraissent être un sel basique. Si l'on vient ensuite à chauffer ces cristaux, ils donnent, en se fondant, de l'eau et un peu d'acide hy-

Digitized by Google

drofluorique libre. On obtient ainsi le fluoride de tellure. Je l'ai recueilli dans mon expérience, en plaçant à l'ouverture du creuset de platine qui contenait le composé de fluore, un plus grand creuset, de manière à le fermer entièrement et en versant dans ce creuset de l'eau qui, pendant l'expérience, était maintenue froide avec de la glace. Lorsque le fond du creuset inférieur commença à rougir, l'expérience fut arrêtée. Le sublimé était parfaitement transparent, mou ou demi-liquide à chaud; à froid, c'était une masse solide qui se fondit si rapidement à l'air, qu'elle était en déliquescence avant que j'aie pu rien entreprendre. En la mêlant avec plus d'eau, de l'acide tellureux s'est précipité.

Fluoride de tellure basique. Il paraît pouvoir exister en plusieurs proportions; car outre le produit laiteux et grenu qui avait fourni le fluoride par sublimation, il se trouva que le résidu calciné, qui avait été fondu dans l'expérience et avait donné en se refroidissant une masse cristallisée en grains, contenait encore du fluoride de tellure, et donna de l'acide hydrofluorique tant en le faisant bouillir avec de l'eau, qu'en le traitant par de l'acide sulfurique concentré.

Le fluoride de tellure se combine avec les fluorides alcalins pour former des sels doubles. Je n'ai examiné que celui que fournit le fluorure de sodium. Il forme un sel irrégulièrement cristallisé, que l'eau froide décompose, mais qui peut se dissoudre dans une très petite quantité d'eau bouillante.

Je n'ai pu préparer le fluorure de tellure dans des vases de verre, parce que le fluoride, du moins celui qu'on

Digitized by Google

obtient par voie humide, décompose le verre plutôt que de se combiner avec plus de tellure. Je n'ai point tenté de le former dans un creuset de platine, afin de ne point le détruire par le tellurure.

Oxi-sels.

J'ai fait peu d'expériences comparatives sur ces sels. Mon but n'était pas tant d'étudier chacun des sels en particulier, que de savoir jusqu'à quel point il y a des composés que l'on peut regarder comme des sels ayant l'acide tellureux pour base. L'expérience a fait voir qu'il en existe. Cette propriété manque, au contraire, entièrement à l'acide tellurique, et c'est par là qu'il se distingue des acides vanadique, molybdique et tungstique. Nous pouvons sans scrupule nommer sels d'oxide de tellure, les sels où l'acide tellureux sert de base, tant que l'on ne connaîtra pas d'oxide inférieur à l'acide tellureux. Je n'emploierais cependant pas cette dénomination, si depuis long-temps elle n'avait été admise par ceux qui, avant moi, ont fait des recherches sur le tellure et ont observé la tendance basique de son oxide.

Les sels d'oxide de tellure et d'acides minéraux sont précipités par l'eau, et l'on peut séparer l'acide des précipités par le lavage à l'eau chaude. Ceux formés par les acides végétaux se dissolvent dans l'eau sans se décomposer. Leur principale réaction consiste en ce qu'après avoir été mélangés d'acide hydrochlorique, ils donnent du tellure métallique lorsqu'on ajoute un sulfite.

Sulfate d'oxide de tellure. Si l'on arrose du tellure en poudre avec assez d'acide sulfurique concentré pour

Digitized by Google

que la masse forme une bouillie claire, et que l'on chauffe modérément, la masse prend une belle couleur pourpre. Ce phénomène que M. Magnus a découvert, paraît avoir pour cause la dissolution du tellure métallique. La coloration est la même que celle des solutions de tellurures alcalins, c'est-à-dire des combinaisons du tellure non oxidées; aussi l'hypothèse qui l'attribue à un sel d'oxidule de tellure a-t-elle d'autant moins de fondement qu'il ne paraît point probable que ce degré d'oxidation existe pour le tellure. La couleur pourpre de la dissolution se maintient tant qu'il reste encore quelque portion de liquide, pendant que la partie de métal non dissoute, s'oxide aux dépens de l'acide et dégage de l'acide sulfureux. Ce n'est que lorsque l'acide est décomposé, que le tout se change en une masse blanche, et que les dernières traces de coloration disparaissent. Si l'on expose le résidu salin blanc à une douce chaleur, précisément suffisante pour chasser l'excès d'acide, on a pour résidu une masse blanche, terreuse, sans traces de cristallisation. Sur la langue, elle produit une sensation de sécheresse, et au bout de quelques instans une saveur métallique. Chauffée dans une cornue, elle fond, entre en ébullition, donne de l'acide sulfurique anhydre, et laisse pour résidu une masse jaune facilement fusible, qui, après le refroidissement, est transparente et incolore comme du verre. C'est encore un sel basique qui doit sa transparence à la présence d'acide sulfurique. En le fondant dans un creuset, ce dernier est chassé, et l'oxide en se solidifiant devient cristallin et opaque. Le sulfate d'oxide de tellure est soluble à chaud, dans l'acide nitrique ou muriatique, et la dissolution saturée

Digitized by Google

forme une cristallisation grenue en se refroidissant. L'eau le décompose, en sépare l'acide sulfurique avec une portion insignifiante de tellure, et l'acide tellureux reste libre. J'ai fait l'expérience de verser sur un atome de tellure en poudre, 1 atome d'acide sulfurique hydraté et de l'acide nitrique concentré. Le tellure fut complétement dissous, mais au bout de quelques instans, il se déposa une quantité notable d'acide tellureux sous la modification que produit ordinairement l'acide nitrique, et enfin, ayant évaporé la liqueur décantée, afin de chasser l'acide nitrique, puis dégagé par évaporation et avec soin l'acide sulfurique, le sulfate resta sous forme d'écailles nacrées.

Nitrate d'oxide de tellure. Il n'existe qu'en dissolution. L'acide nitrique convertit l'acide tellureux en peu de temps en la modification *a*, et la combinaison est détruite en même temps que lui.

Oxalate d'oxide de tellure. Les acides végétaux ne dissolvent pas d'une manière remarquable l'acide tellureux sous la modification *a*, mais facilement sous la modification *b*. L'oxalate cristallise en grains composés de rayons concentriques. Il se redissout facilement dans l'eau.

Acétate d'oxide de tellure. Il ne paraît pas qu'il puisse exister. L'acide acétique soit faible, soit concentré, n'attaque aucunement l'acide tellureux sous la modification *b*; il s'en dégage complétement par évaporation, et l'acide sulfurique concentré n'y indique pas la moindre trace d'acide acétique.

Tartrate d'oxide de tellure. C'est un sel facile à dissoudre dans l'eau. Par l'évaporation, il se dessèche en

Digitized by Google

une masse incolore, transparente, à cristallisation rayonnée. Sa dissolution dans l'eau n'est point précipitée par la potasse, la dissolution de borax, le molybdate d'ammoniaque, le tellurate de soude, et l'infusion de noix de galle.

Tartrate de potasse et d'oxide de tellure. La crême de tartre mise en digestion avec de l'acide tellureux de la modification *a*, le dissout. La combinaison dépose alors beaucoup de crême de tartre, lors même que l'on a employé de l'acide de la modification *b*; elle finit par se dessécher entre les cristaux et former une masse transparente, et analogue à un vernis. Le sel est décomposé par l'eau froide en devenant blanc et laissant de l'acide tellureux indissous. Si l'on chauffe le mélange, l'acide tellureux se dissout de nouveau, et reste dissous jusqu'au refroidissement du liquide. Si l'on traite le sel par l'eau, après l'avoir de nouveau desséché, il se sépare encore. Soupçonnant que l'acide tellurique qui a beaucoup d'analogie avec l'acide borique par beaucoup de ses propriétés, se combinerait aussi avec le tartrate acide de potasse, j'ai fait dissoudre dans l'eau 1 atome de chaque; mais à la chaleur de la digestion, une portion du tellure se réduisit en métal, la liqueur devint jaune, et contenait un mélange de tartre et de tartrate de potasse et d'oxide de tellure en dissolution.

Citrate d'oxide de tellure. On l'obtient en saturant de l'acide citrique d'acide tellureux de la modification *b*, et abandonnant la dissolution à l'évaporation spontanée; le sel se présente en cristaux prismatiques, réguliers, volumineux, incolores et transparens, qui se redissolvent facilement dans l'eau.

(*Poggendorff Annalen.* B. 32, n° 37-42, 1834.)

Digitized by Google

Essais sur l'Acide succinique et sur quelques unes de ses Combinaisons ;

PAR FÉLIX DARCET.

Lu à l'Académie des Sciences le 6 septembre 1834 (1).

L'histoire de l'acide succinique et surtout sa véritable composition, paraissaient entourées de quelques incertitudes ; une analyse publiée par MM. Liebig et Wohler et faite sur de l'acide sublimé, avait établi que ce corps renfermait alors seulement un demi-atome d'eau, et que cette proportion d'eau paraissait indispensable à son existence ; mais cette composition qui semblait devoir faire différer l'acide succinique d'autres acides organiques qui ont avec lui quelques points de ressemblance, tels que l'acide lactique, méritait au moins la peine d'être revue avec soin et de devenir l'objet d'expériences nouvelles ; c'est dans ce but que j'ai entrepris le travail que j'ai l'honneur d'offrir à l'Académie.

L'acide succinique ordinaire perd en effet par la sublimation une quantité définie d'eau, tandis que celui qui a été distillé brusquement une ou deux fois, en perd une proportion irrégulière et d'autant plus forte qu'il a été soumis à un plus grand nombre de distillations suc-

(1) Imprimé aux Savans Étrangers sur les conclusions du rapport de MM. Thénard et Dumas.

Digitized by Google

cessives, tellement qu'on peut, par ce moyen, l'obtenir à l'état d'acide anhydre.

Il en est de même, et on arrive à un résultat bien plus rapide et bien plus complet, lorsqu'on distille l'acide succinique ordinaire avec un corps très avide d'eau, tel que l'acide phosphorique sec; dans ce cas, une faible partie de l'acide organique est décomposée et le reste passe alors à la distillation tout à fait pur et anhydre.

Je vais avoir l'honneur de soumettre à l'Académie le résultat des expériences que j'ai tentées et des analyses faites sur de l'acide succinique dans différens états : cristallisé, sublimé, distillé une fois, distillé un grand nombre de fois, et enfin traité par l'acide phosphorique sec; je donnerai aussi quelques détails sur l'éther succinique, sur un corps de la nature des *amides* et sur un liquide obtenu en distillant le succinate de chaux.

Ce travail a été fait sous la direction et dans le laboratoire de M. Dumas, et je saisis avec empressement cette occasion de lui témoigner toute ma reconnaissance.

Acide succinique cristallisé.

L'acide succinique ordinaire, tel qu'on le trouve dans le commerce, est quelquefois falsifié soit avec du sulfate acide de potasse, soit avec de l'acide oxalique ou même du sel ammoniac. Débarrassé de ces corps étrangers, il se présente sous la forme de paillettes blanches, brillantes et nacrées; il est soluble dans l'eau, et beaucoup plus à chaud qu'à froid : aussi les dissolutions cristallisent-elles avec une grande facilité par le refroidissement; moins soluble dans l'alcool, il l'est à peine dans l'éther.

Digitized by Google

Dans un grand état de pureté, il fond à 180°; avant cette température, à 140° environ, il subit la décomposition dont j'ai parlé, perd un demi-atome d'eau et fournit de l'acide, n'en contenant plus qu'un demi-atome, et alors cristallisé en belles aiguilles.

Son point d'ébullition est fixé à 235°.

L'analyse de cet acide a donné les résultats suivans :

Acide succinique cristallisé.

I. $0^{g},400$ de matière ont donné $0^{g},198$ d'eau et $0^{g},595$ d'acide carbonique.

II. $0^{g},400$ de matière ont donné $0^{g},187$ d'eau et $0^{g},597$ d'acide carbonique.

Composition.

	I.	II.
Carbone.....	41,15	41,29
Hydrogène....	5,49	5,18
Oxigène.....	53,36	53,53
	100,00	100,00

$C^{8}\ H^{6}\ O^{4}$.

		Calculé.
C^{8}.....	306	41,1
H^{6}	37,5	5,0
O^{4}.....	400	53,9
	743,5	100,0

En effet, en ajoutant un atome d'eau à la formule de l'acide anhydre on tombe exactement sur celle de cet acide.

Digitized by Google

$$C^8\ H^4\ O^3 + H^2\ O = C^8\ H^6\ O^4.$$

Le succinate d'argent obtenu par double décomposition en versant du nitrate d'argent neutre, dans du succinate d'ammoniaque également neutre et tous deux chauffés à 60° environ, a donné, à l'analyse, les résultats suivans : 0ᵍ,816 de sel séché dans le vide à 120°, a laissé par la calcination 0ᵍ,529 d'argent métallique, ce qui donne pour la composition du sel en centièmes :

	Trouvé.	Calculé.
Acide succinique...	30,39	30,31
Oxide d'argent.....	69,61	69,69
	100,00	100,00

et pour sa formule :

$$C^8\ H^4\ O^3 + Ag\ O.$$

Le succinate d'argent neutre est donc formé d'un atome d'acide succinique anhydre et d'un atome d'oxide d'argent.

	Trouvé.	Calculé.
$C^8\ H^4\ O^3$.....	632	631
$Ag\ O$.....	1451,6	1451,6
	2083,6	2082,6

Son poids atomique est égal à 2082,6.

L'analyse élémentaire du sel a vérifié ces résultats, en représentant la composition de l'acide privé d'eau.

Digitized by Google

Acide succinique sublimé.

Quand on soumet pendant long-temps à une température de 130° à 140° de l'acide succinique ordinaire, c'est-à-dire cristallin et contenant un atome d'eau combiné, il subit un changement remarquable : peu à peu on voit se former dans le col de la cornue une grande quantité de belles aiguilles déliées, d'une blancheur parfaite, tandis qu'on remarque en même temps un léger dégagement de vapeur d'eau; voici ce qui se passe dans ce cas.

A la température de 140° à laquelle l'acide est exposé et bien avant son point de fusion, une portion de l'acide perd un demi-atome d'eau et constitue alors ces aiguilles cristallines dont j'ai parlé; le demi-atome d'eau qu'il abandonne se dégage, de sorte que cette décomposition n'ayant lieu que peu à peu et très lentement, à mesure que l'acide se sublime, la composition de l'acide succinique qu'on retrouve au fond de la cornue ne change pas, c'est-à-dire qu'elle représente toujours de l'acide hydraté.

Quand on soumet à l'analyse ces aiguilles nacrées dont j'ai parlé, on trouve que leur composition est celle de l'acide contenant un demi-atome d'eau : leur formule est donc

$$C^8 H^5 O^{3\,1/2};$$

car leur analyse a donné pour résultat :

I. $0^g,381$ ont donné $0^g,167$ d'eau et $0^g,607$ d'acide carbonique.

II. $0^g,141$ ont donné $0^g,062$ d'eau et $0^g,225$ d'acide carbonique.

Digitized by Google

	I.	II.
Carbone.....	44,08	44,15
Hydrogène....	4,86	4,80
Oxigène.....	51,06	51,05
	100,00	100,00

C^8.....	306	44,5
H^5	31	4,5
$O^{3\ 1/2}$.....	350	51,0
	687	100,0

C'est probablement sur cet acide que MM. Liebig et Wohler ont fait leur analyse; et en effet, comme on devait bien s'y attendre, les résultats en étaient d'une exactitude parfaite.

Propriétés. — Cet acide, comme nous l'avons dit, est cristallisé en belles aiguilles satinées; il paraît moins facilement soluble dans l'eau et dans l'alcool, que l'acide ordinaire; il fond à 160°, se sublime à 140° et n'entre en ébullition qu'à 242°.

Dissous dans l'eau et convenablement évaporé, sa dissolution donne naissance à des cristaux dont les formes sont les mêmes que celles de l'acide hydraté; il reprend d'ailleurs un demi-atome d'eau et se convertit en cet acide.

Saturé par l'ammoniaque, il donne, par double décomposition, un succinate d'argent neutre et anhydre dont voici la composition :

Digitized by Google

	Trouvé.	Calculé.
Acide.....	30,70	30,31
Oxide d'argent...	69,30	69,69
	100,00	100,00

d'où sa formule

$$C^3\ H^4\ O^3 + Ag\ O.$$

et le poids de son atome

	Calculé.	Trouvé.
Un atome d'acide anhydre..	631	640
Un atome d'oxide d'argent..	1451	1451
	2082	2091

L'analyse élémentaire a d'ailleurs constaté que l'acide succinique existant dans le sel d'argent, est bien de l'acide anhydre.

Acide succinique anhydre.

Cet acide peut être obtenu en distillant une ou deux fois de l'acide ordinaire cristallisé avec de l'acide phosphorique sec, obtenu en brûlant du phosphore sous une cloche contenant de l'air sec; après avoir placé l'acide succinique dans une petite cornue, on introduit rapidement l'acide phosphorique et on distille : mieux vaut encore ne mettre l'acide phosphorique que quand l'acide succinique est fondu; de cette manière on multiplie les points de contact et on décompose une moindre quantité d'acide; quand le mélange est bien opéré, on distille lentement et on obtient dans le récipient une masse cristalline d'une blancheur parfaite, composée

Digitized by Google

d'acide succinique pur et entièrement dépouillé d'eau.

Exposé dans cet état à l'air, il ne reprend pas sensiblement l'eau qu'il a perdue : du moins après cinq ou six jours, sa composition était sensiblement la même.

Son point de fusion est fixé à 145° et son point d'ébullition à 250°.

I. $0^{g},380$ de matière ont donné $0^{g},148$ d'eau et $0^{g},658$ d'acide carbonique.

II. $0^{g},350$ d'acide ont donné $0^{g},128$ d'eau et $0^{g},609$ d'acide carbonique.

Acide succinique anhydre.

Composition.

	I.	II.
Carbone.....	47,91	48,14
Hydrogène....	4,32	4,05
Oxigène.....	47,77	47,81
	100,00	100,00

d'où sa formule :

$$C^{8}\,H^{4}\,O^{3}.$$

C^{8}.....	306	48,49
H^{4}.....	25	3,96
O^{8}.....	300	47,55
	631	100,00

On remarque aisément qu'en retranchant $H^{2}\,O$ ou un atome d'eau de la formule originelle $C^{8}\,H^{6}\,O^{4}$, on obtient pour la formule définitive de l'acide succinique anhydre, $C^{8}\,H^{4}\,O^{3}$.

Digitized by Google

On peut encore, comme je l'ai mentionné plus haut, obtenir l'acide succinique entièrement dépouillé d'eau, en le distillant seul un grand nombre de fois, à dix reprises différentes, par exemple, et en ayant le soin de le faire bouillir très vite et d'absorber chaque fois l'eau qui se dégage et qui vient se condenser au dessus de lui dans le récipient.

Après avoir subi cette préparation, son analyse a offert les résultats suivans :

0ᵍ,360 de matière ont donné 0ᵍ,124 d'eau et 0ᵍ,624 d'acide carbonique.

Composition.

Carbone.....	47,96
Hydrogène....	3,82
Oxigène.....	48,22
	100,00

L'acide anhydre est moins facilement soluble dans l'eau que l'acide ordinaire; mais en revanche, sa solubilité dans l'alcool est plus grande : il en est de même à l'égard de l'éther.

Dissous dans l'eau et cristallisé dans ce liquide, il reprend un atome d'eau et redevient de l'acide succinique hydraté, ayant exactement les mêmes propriétés que celui qui n'a pas subi cette transformation; aussi, quand on fait un sel d'argent avec cet acide, on lui trouve exactement la même capacité de saturation que ceux obtenus, soit avec de l'acide hydraté, soit avec de l'acide demi-hydraté, et la formule de ce sel identique avec les autres, se trouve être :

Digitized by Google

$C^4 H^4 O^3 + Ag\ O$.

Composition.

Acide.....	30,39	30,31
Oxide.....	69,61	69,69
	100,00	100,00

Ether succinique.

En distillant ensemble, comme l'avait pensé M. Thénard, dix parties d'acide succinique, vingt parties d'alcool et cinq parties d'acide chlorhydrique concentré, et en ayant soin de cohober quatre ou cinq fois la liqueur du récipient, on obtient en dernier lieu dans la cornue un liquide jaunâtre, de consistance oléagineuse, composé d'alcool, d'eau, d'acide succinique, d'acide chlorhydrique et d'éther succinique; en ajoutant de l'eau, on voit se précipiter des gouttelettes d'un liquide huileux, fortement coloré en brun, qui ne tardent pas à se réunir au fond du vase: c'est l'éther succinique encore impur; pour l'obtenir dans un état de pureté parfaite, il suffit de le laver plusieurs fois à l'eau froide, de le chauffer jusqu'à ce que son point d'ébullition soit constant, et de le distiller ensuite sur de l'oxide de plomb; on obtient ainsi un liquide limpide, incolore, d'une saveur âcre et brûlante, d'une odeur qui rappelle celle de l'éther benzoïque, brûlant avec une flamme jaune, huileux au toucher, bouillant à 214° et d'une pesanteur spécifique de 1,036.

Analysé par l'oxide de cuivre, l'éther succinique a présenté les résultats suivans:

Digitized by Google

I. $0^{g},301$ ont donné $0^{g},231$ d'eau et $0^{g},606$ d'acide carbonique.

II. $0^{g},458$ ont donné $0^{g},335$ d'eau et $0^{g},909$ d'acide carbonique.

Composition.

Carbone.....	55,70	54,92
Hydrogène....	8,51	8,11
Oxigène.....	35,79	36,97
	100,00	100,00

d'où la formule :

$$C^{16}\,H^{14}\,O^{4}.$$

C^{16}.....	612,1	55,66
H^{14}.....	87,5	7,95
O^{4}.....	400,0	36,39
	1099,6	100,00

Dans ce cas encore, la loi que MM. Dumas et Boullay ont fait connaître dans leur travail sur les éthers, régit ce nouveau composé, c'est-à-dire que l'éther succinique peut être considéré comme du succinate d'hydrogène carboné avec un atome d'eau ou bien comme du succinate d'éther sulfurique ; en effet, ces combinaisons s'expriment par les formules suivantes :

$$\left.\begin{array}{l} C^{8}\,H^{4}\,O^{3} + C^{8}\,H^{8} + H^{2}\,O \\ \text{ou bien}\quad C^{8}\,H^{4}\,O^{3} + C^{8}\,H^{10}\,O \end{array}\right\} = C^{16}\,H^{14}\,O^{4}.$$

Quand on vient à traiter cet éther par la potasse, il se produit de l'alcool qui provient soit de l'éther sulfurique décomposé qui prend un atome d'eau, soit de l'hydro-

Digitized by Google

gène carboné lui-même qui en absorbe deux pour passer à l'état d'alcool, tandis que l'acide succinique change de base et se combine avec la potasse.

Soumis à l'action du chlore sec, l'éther succinique est décomposé; à la lumière diffuse, la réaction se produit très lentement, mais la lumière solaire la détermine instantanément, le chlore disparaît et est remplacé par de l'acide chlorhydrique; bientôt on voit se déposer sur les parois du flacon et mêlé à une matière jaunâtre, visqueuse, une foule de petits cristaux qui ne sont autre chose que de l'acide succinique; la difficulté de séparer les corps solubles dans les mêmes agens, et de les obtenir en quantité convenable, m'a empêché d'étudier avec plus de soin cette réaction.

Le gaz ammoniaque est sans action sur lui, mais agité avec de l'ammoniaque liquide, l'éther succinique ne tarde pas à disparaître et au bout de quelques heures on voit se précipiter une matière blanche cristalline paraissant avoir de l'analogie avec l'oxaméthane.

Densité de la vapeur d'éther succinique.

La densité de la vapeur d'éther succinique a été trouvée égale à 6,22 pour 0° et 0^m,760.

En la calculant d'après la formule, on a :

16 vol. de vapeur de carbone..	6,75
14 vol. d'hydrogène	0,96
4 vol. d'oxigène	4,41
	12,12

Digitized by Google

Or $\frac{12,12}{2} = 6,06$, nombre qui diffère peu de celui que l'expérience a fourni.

Succinamide.

En faisant réagir le gaz ammoniaque sec sur l'acide succinique anhydre, on observe une formation d'eau considérable et une élévation très forte de température; le corps qui se produit alors étant beaucoup plus fusible que l'acide succinique, fond et se volatilise, et il continue à en être ainsi jusqu'à ce que tout l'acide succinique soit converti en *amide;* en aidant la réaction par la chaleur, on obtient un corps d'une blancheur parfaite, ne jouissant plus d'aucune des propriétés de l'acide succinique et cristallisant avec une très grande facilité en rhombes très réguliers.

Ce corps est peu soluble dans l'éther, assez soluble dans l'alcool; l'eau le dissout en grande quantité; quel que soit celui de ces liquides qui le tienne en dissolution, il cristallise très facilement et les formes cristallines jouissent d'une régularité parfaite; traité par la potasse il ne dégage de l'ammoniaque qu'en élevant la température.

Succinamide sublimée.

Composition.

I. $0^{g},370$ de matière ont donné $0^{g},172$ d'eau et $0^{g},651$ d'acide carbonique.

$0^{g},305$ ont donné 37,96 d'azote corrigé pour 0^{o} et $0^{m},760$.

Digitized by Google

II. $0^g,300$ de matière ont donné $0^g,161$ d'eau et $0^g,530$ d'acide carbonique.

$0^g,280$ ont fourni 33,01 d'azote corrigé pour 0° et $0^m,760$.

Composition.

	I.	II.
Carbone.....	48,68	48,88
Hydrogène....	5,16	5,95
Azote.....	15,76	14,82
Oxigène.....	30,40	30,35
	100,00	100,00

$C^8\ H^5\ Az\ O^2$.

C^8.....	306	48,9
H^5.....	31	5,0
Az.....	88	14,0
O^2.....	200	32,1
	625	100,0

Au moment de l'action du gaz ammoniacal sur l'acide succinique anhydre, un atome de l'hydrogène de l'ammoniaque seulement et tout son azote se fixent dans le nouveau composé, tandis que les deux autres atomes d'hydrogène s'unissent avec un atome d'oxigène, que perd, dans ce cas, l'acide succinique, pour constituer l'eau qu'on voit se dégager à l'état de vapeur.

Cette réaction est en tout point conforme à la loi suivant laquelle se produisent les amides.

Digitized by Google

Succinamide cristallisée.

Ce corps a été dissous dans l'eau, et la dissolution abandonnée à l'évaporation spontanée, a fourni de beaux cristaux rhomboëdriques ; ces cristaux séchés entre des papiers ont donné à l'analyse les résultats suivans :

I. $0^g,300$ de matière ont donné $0^g,157$ d'eau et $0^g,451$ d'acide carbonique.

$0^g,270$, ont donné 27,4 d'azote corrigé pour 0^o et $0^m,760$.

II. $0^g,270$ ont donné $0^g,153$ d'eau et $0^g,426$ d'acide carbonique.

$0^g,302$ ont donné 30,96 d'azote corrigé pour 0^o et $0^m,760$.

Composition.

	I.	II.
Carbone.....	41,59	43,65
Hydrogène....	5,80	6,29
Azote.....	12,84	12,63
Oxigène.....	39,77	37,43
	100,00	100,00

$C^8\ H^7\ Az\ O^3$.

		Calculé.
C^8.....	306	41,5
H^7.....	43	5,8
Az.....	88	11,9
O^3.....	300	40,8
	737	100,0

Digitized by Google

On remarque en observant la formule précédente, que la succinamide anhydre en cristallisant dans l'eau en a pris un atome, et qu'en ajoutant $H^2\ O$ à la formule de l'acide anhydre ($C^8\ H^5\ Az\ O^2$) on obtient $C^8\ H^7\ Az\ O^3$, formule de l'amide hydratée, et dans ce cas alors, cette formule représenterait aussi du bisuccinate anhydre d'ammoniaque, si on veut le considérer sous ce point de vue.

Distillation du succinate de chaux.

En soumettant à l'action du feu, soit du succinate de chaux bien sec, soit un mélange intime d'acide succinique et de chaux dans les proportions qui constituent le sel neutre, on obtient à la distillation un liquide fortement coloré en brun et d'une odeur empyreumatique très prononcée; en redistillant lentement et à plusieurs reprises ce liquide à la température de 120°, on voit se réunir dans le récipient une liqueur incolore, très liquide et ayant perdu, en grande partie, l'odeur désagréable qui la caractérisait, après la distillation du sel calcaire.

On n'obtient qu'une très faible quantité de cette matière, que je propose d'appeler succinone, par analogie avec les autres corps pyrogénés dont l'origine est semblable.

100^g de succinate de chaux ne donnent guère plus de deux décigrammes de succinone parfaitement pure et incolore.

Analysée par l'oxide de cuivre, la succinone a donné la composition suivante :

Digitized by Google

I. $0^{g},376$ ont donné $0^{g},277$ d'eau et $1^{g},084$ d'acide carbonique.

II. $0^{g},192$ ont donné $0^{g},165$ d'eau et $0^{g},558$ d'acide carbonique.

	I. Trouvé.	II. Trouvé.
Carbone.....	79,31	80,41
Hydrogène....	8,27	9,53
Oxigène.....	12,42	10,06
	100,00	100,00

$C^{21}\ H^{16}\ O.$

		Calculé.
C^{21}.....	803,4	80,0
H^{16}.....	100,0	9,9
O.....	100,0	10,1
	1003,4	100,0

Malgré tous mes efforts pour séparer de cette matière plusieurs composés, je n'ai pu y parvenir; son analyse me paraît cependant indiquer que c'est un mélange : aussi ne doit-on pas avoir grande foi à la formule que j'ai donnée à la succinone.

En ajoutant onze atomes d'acide carbonique à la formule de la succinone, on retrouve bien celle de l'acide succinique anhydre, mais je regarde ce fait comme n'ayant pas d'autre intérêt que de montrer la possibilité de sa production en vertu des réactions connues.

On a ainsi :

$$C^{21}\ H^{16}\ O + C^{11}\ O^{11} = C^{32}\ H^{16}\ O^{15},$$

Digitized by Google

qui, divisé par quatre, donne $C^8 H^4 O^3$, formule de l'acide succinique anhydre ; pour bien entendre comment cette formule peut être applicable, il faut ajouter qu'une grande quantité de chaux devient libre par la destruction complète de la majeure partie de l'acide.

Cette matière rentre donc dans la série des corps pyrogénés sous l'influence de la chaux sans présenter jusqu'à présent le même intérêt que les divers corps provenant de la distillation des benzoates et dont nous devons la connaissance à M. Peligot ; sans doute qu'elle aurait donné lieu à des dédoublemens analogues si on avait pu s'en procurer des quantités suffisantes ; on y parviendra peut-être en étudiant la décomposition de quelques succinates moins stables que celui de chaux.

Conclusions.

Il résulte des faits précédens et des expériences que je viens de rapporter :

1° Que la présence d'une certaine quantité d'eau n'est pas indispensable à l'existence de l'acide succinique et qu'on peut l'obtenir anhydre par plusieurs procédés, tandis que l'acide benzoïque, par exemple, n'est pas dans le même cas.

2° Que l'acide succinique anhydre redissous dans l'eau, en reprend une certaine proportion et redevient de l'acide succinique ordinaire.

3° Que l'acide succinique cristallisé, et contenant un atome d'eau, étant soumis à l'action d'une température convenablement ménagée, perd un demi-atome d'eau qui se dégage, tandis qu'il se sublime en belles aiguilles

Digitized by Google

un acide qui n'en renferme plus qu'un demi atome.

4° Que cet acide redissous dans l'eau redevient, comme l'acide anhydre, de l'acide succinique ordinaire.

5° Que les sels d'argent formés avec ces différens acides ont tous la même composition, et que par conséquent leur capacité de saturation est semblable.

6° Que l'éther succinique subit la loi qui préside à la formation des autres éthers composés, et que traité par l'ammoniaque liquide, il donne naissance à un composé blanc cristallin, qui paraît analogue à l'oxaméthane.

7° Que l'ammoniaque gazeuse, mise en contact avec l'acide succinique anhydre, donne naissance à la succinamide, corps qui rentre dans la famille des amides et suit la même loi de formation.

8° Enfin, que la distillation du succinate de chaux fournit un liquide analogue à ceux que produisent certains corps pyrogénés sous l'influence de la chaux, mais dont la petite quantité obtenue n'a pas permis de bien étudier la nature, qui d'ailleurs paraît complexe; car les résultats de l'analyse sembleraient indiquer un mélange de plusieurs matières.

Digitized by Google

Sur la Composition de la Liqueur des Hollandais et sur une nouvelle Substance éthérée ;

PAR V. REGNAULT,

Elève ingénieur des Mines.

La liqueur des Hollandais a été l'objet des recherches d'un grand nombre de chimistes, et sa composition semblait être très bien établie surtout par les analyses récentes de M. Dumas. Cependant M. Liebig, qui a également dans ces derniers temps soumis cette substance à ses recherches, a trouvé des nombres un peu différens de ceux de M. Dumas. Ces différences auraient une faible importance pour la plupart des substances, mais elles en ont au contraire une très grande pour la liqueur des Hollandais, puisqu'elles conduisent à faire adopter pour cette substance une formule différente de celle admise par la plupart des chimistes. C'est dans le but d'éclaircir cette question que j'ai entrepris les recherches suivantes:

La liqueur, sur laquelle j'ai opéré, a été préparée par le procédé ordinaire, c'est-à-dire en faisant arriver simultanément dans un grand ballon du gaz oléfiant et du chlore, les deux gaz à l'état humide.

Le gaz oléfiant a été préparé au moyen d'un mélange de 1 partie d'alcool et de 6 parties d'acide sulfurique concentré. Ce gaz traversait d'abord un flacon de Woulf, rempli au trois quarts d'acide sulfurique concentré qui devait retenir les vapeurs d'alcool et d'éther, puis un second fla-

Digitized by Google

con de Woulf renfermant une dissolution concentrée de potasse caustique qui absorbait l'acide sulfureux.

Le chlore était préparé au moyen du peroxide de manganèse et de l'acide hydrochlorique, il traversait un flacon plein d'eau avant d'arriver dans le ballon où la combinaison devait s'effectuer. On a eu soin pendant toute l'opération, que le chlore ne fût jamais en excès, et cependant on a remarqué que l'acide hydrochlorique se formait toujours en abondance pendant tout le cours de l'opération, et cela sans la formation du chlorure de carbone cristallin de M. Faraday.

Les vapeurs d'éther et d'huile douce du vin, qui auraient pu se former dans la réaction de l'acide sulfurique sur l'alcool, devaient avoir été absorbées dans le flacon rempli d'acide sulfurique concentré. Il paraît, d'après cela, que la formation d'acide hydrochlorique qui accompagne toujours celle de la liqueur des Hollandais, ne doit pas être attribuée à l'existence des vapeurs d'éther dans le gaz oléfiant, comme quelques chimistes l'ont prétendu.

La liqueur impure a été mise en digestion et agitée avec de l'eau; elle s'est fortement échauffée, a donné une effervescence très vive, et au bout de quelques instans la liqueur était en pleine ébullition. On a rapidement décanté l'eau surnageante, remis de nouvelle eau fraîche et ainsi plusieurs fois de suite. La liqueur décantée a été distillée au bain-marie. Elle a ensuite été mise à digérer avec de l'acide sulfurique concentré, puis distillée sur cet acide. L'acide sulfurique s'est beaucoup noirci. La liqueur a été ensuite rectifiée sur de la potasse caustique. A une seconde distillation avec de l'acide sul-

Digitized by Google

furique, l'acide ne s'est plus noirci. On a de nouveau rectifié la liqueur sur de la potasse caustique. Puis, comme la liqueur était un peu trouble après cette dernière distillation, on l'a agitée avec quelques morceaux de chlorure de calcium fondu qui lui ont rendu toute sa transparence.

La liqueur ainsi purifiée a été soumise à l'analyse.

L'analyse de la liqueur des Hollandais par l'oxide de cuivre présente quelques difficultés. D'abord c'est une des substances les plus difficiles à brûler; ce qui exige que l'on maintienne le tube de combustion à une haute température. D'un autre côté, le chlorure de cuivre étant très volatil, il y a à craindre que ce chlorure ne soit entraîné dans le tube destiné à absorber l'eau. Enfin, il est un troisième inconvénient beaucoup plus grave que les précédens, c'est qu'il est nécessaire, à cause de la grande volatilité de la liqueur des Hollandais, de laisser complétement refroidir l'oxide de cuivre avant de l'introduire dans le tube de combustion. Or, pendant son refroidissement, l'oxide de cuivre absorbe une quantité très notable d'eau, ce qui rend le dosage de l'hydrogène tout à fait incertain. Il était cependant bien important de pouvoir déterminer exactement l'hydrogène, puisque c'est principalement pour cet élément que les analyses de MM. Liebig et Dumas diffèrent. Voici comment je suis parvenu à éluder ces difficultés.

Je me suis servi de l'appareil ordinaire de M. Liebig, seulement je prenais le tube de combustion plus long qu'à l'ordinaire. Les tubes dont je me servais, avaient de 20 à 22 pouces de longueur. La liqueur était renfermée dans de petites ampoules que je laissais couler tout

Digitized by Google

à fait au bout du tube, la pointe tournée vers le fond, le petit bout de la pointe ayant été préalablement cassé. L'oxide de cuivre était mélangé de tournure de cuivre grillée, qui le rendait plus poreux. Cet oxide calciné, dans un creuset, était porté tout rouge sous une cloche avec de l'acide sulfurique concentré. On le laissait complétement refroidir dans cet espace privé d'humidité. On remplissait ensuite rapidement le tube de combustion.

Ce tube était chauffé au rouge décidé jusqu'à une distance de 2 à 3 pouces des ampoules que l'on préservait de la chaleur par un écran. Une longueur d'environ 4 pouces, comptée à partir de l'autre extrémité, était maintenue seulement à une température d'environ 150°, pour empêcher l'eau de s'y déposer. Cette partie avait pour but de condenser le chlorure de cuivre volatilisé dans la partie du tube qui était chauffée au rouge.

L'oxide de cuivre étant porté au rouge, on distillait lentement la liqueur avec un charbon. Lorsque le dégagement de gaz s'arrêtait, on chauffait l'extrémité du tube qui renfermait les ampoules. La combustion était complète, et les gaz sortaient bien inodores.

Pour déterminer le chlore, je décomposais la liqueur par de la chaux vive chauffée au rouge sombre. Le liquide était encore renfermé dans de petites ampoules que je coulais au fond du tube de combustion, qui était ensuite rempli de chaux vive récemment calcinée. Quand le tube était au rouge, je distillais lentement la liqueur avec un charbon. La combustion terminée, je dissolvais le tout dans l'acide nitrique étendu, puis je précipitais le chlore par le nitrate d'argent. Il y

Digitized by Google

a toujours, dans cette expérience, dépôt de charbon et formation de petits cristaux de naphtaline.

Deux combustions avec l'oxide de cuivre m'ont donné les résultats suivans :

I. 0,^{gr}989 de liqueur ont donné 0,321 d'eau, et 0,782 d'acide carbonique.

II. 0,^{gr}775 ont donné 0,249 d'eau, et 0,592 d'acide carbonique.

Ce qui donne pour 100 parties :

	I.	II.
Hydrogène.....	3,61	3,57
Carbone.....	21,87	21,12

D'un autre côté :

I. 0,^{gr}544 de liqueur ont donné 1,590 de chlorure d'argent fondu.

II. 0,^{gr}375 ont donné 1,103 chlorure d'argent fondu.

Ce qui donne pour 100 parties :

	I.	II.
Chlore.....	72,08	72,56

Ces nombres s'accordent assez bien avec ceux de M. Liebig.

Cependant, comme il me restait encore quelques doutes sur la pureté de la substance, je résolus de la soumettre à de nouvelles rectifications.

A la première distillation avec l'acide sulfurique, cet acide noircit beaucoup, et il se dégagea des vapeurs d'acide hydrochlorique. Je distillai ensuite avec de la baryte caustique, puis de nouveau avec de l'acide sulfurique. Cette alternance de distillations fut répétée trois

Digitized by Google

fois de suite. Après quoi la liqueur fut de nouveau soumise à l'analyse.

I. 0,554 de liqueur ont donné 0,204 d'eau, et 0,485 d'acide carbonique.

II. 0,670 ont donné 0,243 d'eau, et 0,593 d'acide carbonique.

D'un autre côté :

I. 0,527 de liqueur ont donné 1,528 de chlorure d'argent fondu.

II. 0,461 ont donné 1,332 de chlorure d'argent fondu.

On déduit de là pour 100 :

	I.	II.
Hydrogène.....	4,09	4,04
Carbone.....	24,21	24,48
	I.	II.
Chlore.....	71,53	71,28

Ces résultats s'accordent parfaitement avec ceux obtenus par M. Dumas et avec la formule $C\ H^2\ Cl$, que l'on donne à la liqueur des Hollandais.

En effet, d'après cette formule on a :

Hydrogène.....	4,03
Carbone.....	24,65
Chlore.....	71,32
	100,00

Il paraît certain, d'après cela, que la liqueur que j'avais d'abord analysée, était impure, et il est probable qu'il en était de même de la liqueur examinée par M. Liebig, et que c'est à cette circonstance qu'il faut

Digitized by Google

attribuer la divergence des résultats obtenus par ce célèbre chimiste.

J'ai trouvé la densité de la liqueur des Hollandais égale à 1,256 à la température de 12°.

La température du point d'ébullition a été trouvée de 82°,4 c., par M. Liebig, et à 85° par M. Dumas. Ces nombres s'écartent l'un de l'autre d'une manière notable. J'ai fait l'expérience dans un large tube en verre bouché par un bout. Dans ce tube j'ai mis une hauteur de 2 à 3 pouces de liqueur des Hollandais, dans laquelle j'ai maintenu la boule du thermomètre entièrement plongée et placée de manière à ne pas toucher les parois du tube. J'ai chauffé au bain-marie, sur la lampe à alcool. J'ai trouvé ainsi le point d'ébullition à 82°,5 c. sous la pression de 756 millim.

Enfin, pour qu'il ne restât aucun doute sur la pureté de la substance que j'ai examinée, j'ai déterminé la densité de sa vapeur. Cette opération a été exécutée par le procédé de M. Dumas.

Voici les détails :

Excès du poids du ballon plein de vapeur sur le ballon plein d'air sec.....	0^{g},480
Température de la vapeur.....	107°
Baromètre.....	756^{mm}
Température de l'air.....	8°,5
Capacité du ballon.....	244 cm. cb.
Air restant avec la vapeur.....	0
Poids du litre de vapeur à 0° et 760^{mm}...	4^{g},5192
Densité de la vapeur.....	3,478

La densité trouvée par le calcul est de 3,45.

Digitized by Google

Si la composition élémentaire de la liqueur des Hollandais doit être regardée comme mise hors de doute par ces dernières analyses, il n'en est pas de même de la manière dont les élémens sont combinés. M. Dumas et plusieurs autres chimistes considèrent la liqueur des Hollandais comme une combinaison simple de volumes égaux d'hydrogène bicarboné et de chlore. M. Liebig croit au contraire que la combinaison est plus complexe.

Il est certain que, dans la première manière de voir, il est difficile de rendre compte de la formation de cette énorme quantité d'acide hydrochlorique qui accompagne toujours la production de la liqueur des Hollandais. La théorie de la formation de cette liqueur est jusqu'à présent inexpliquée. J'ai commencé quelques recherches, dans le but d'éclaircir cette question; ces recherches ne sont pas assez avancées pour que je puisse en donner ici les résultats.

Si l'on mêle ensemble une dissolution de potasse caustique dans l'alcool avec de la liqueur des Hollandais et que l'on agite pendant quelque temps le mélange, on voit se former un précipité cristallin blanc, et si après quelques heures de digestion, on chauffe seulement avec la main le flacon qui renferme le mélange, on voit se dégager une foule de petites bulles d'un gaz répandant une odeur éthérée très prononcée, brûlant avec une flamme jaune, colorée en vert sur les bords et présentant les plus grandes analogies avec l'éther hydrochlorique. Je le pris en effet d'abord pour cet éther, et espérant que cette réaction pourrait jeter quelque lumière sur la

Digitized by Google

composition de la liqueur des Hollandais, j'examinai la liqueur alcoolique ainsi que le précipité.

Pour cela, j'ai commencé par chasser par l'ébullition au bain-marie ce qui restait de la liqueur des Hollandais non décomposée, j'ai ajouté de l'alcool, puis filtré. Le précipité recueilli sur le filtre a été lavé à l'alcool. Chauffé dans un creuset de platine, il s'est fondu en une masse d'un blanc de neige présentant une réaction alcaline extrêmement faible et qui se trouvait également dans le précipité avant la calcination. Cette alcalinité provenait probablement d'une petite quantité de carbonate de potasse qui s'était formée à l'air pendant les filtrations. Il est évident d'après cela que le précipité ne renfermait aucun sel organique.

La liqueur alcoolique a été saturée par de l'acide sulfurique faible, puis on y a versé quelques gouttes de carbonate de soude pour neutraliser un petit excès d'acide. On a évaporé à sec, puis repris par l'alcool absolu qui n'a presque rien dissous. Le résidu chauffé au creuset de platine est resté parfaitement blanc. La dissolution alcoolique a été rapprochée au bain-marie, puis versée dans un verre de montre que l'on a placé dans un espace desséché par de l'acide sulfurique. Cette dissolution précipitait par le nitrate d'argent. Quand la liqueur a été suffisamment concentrée, il s'en est séparé une petite pellicule de la matière résineuse rouge que produit la réaction de la potasse sur l'alcool. Enfin le liquide s'étant complétement évaporé, il n'est resté dans le verre de montre que quelques petits cristaux cubiques blancs sans aucune trace de cristallisation étrangère. Il était évident d'après cela, que ce n'était qu'une petite quantité de chlorure

Digitized by Google

de potassium dissoute par l'alcool, dans lequel ce sel n'est pas complétement insoluble.

Il résulte de cet examen que dans la réaction de la potasse caustique dissoute dans l'alcool sur la liqueur des Hollandais, il ne se forme que du chlorure de potassium et la substance gazeuse dont il a été question plus haut. Or cette réaction ne peut s'expliquer en aucune manière en admettant que cette substance gazeuse soit de l'éther hydrochlorique. D'un autre côté, on sait que l'éther hydrochlorique est complétement décomposé par les alcalis et il est impossible que la formation de cet éther soit déterminée par un agent qui ordinairement en opère la destruction.

Toutes ces circonstances m'engagèrent à examiner de plus près la substance gazeuse.

J'essayai d'en faire l'analyse au moyen de l'oxide de cuivre, en conduisant le gaz, à mesure qu'il se développait, dans un tube de combustion renfermant de l'oxide de cuivre chauffé au rouge avec les précautions qui ont été indiquées pour l'analyse de la liqueur des Hollandais.

Le gaz se produisait dans un flacon, où j'avais mis à digérer, pendant 3 ou 4 jours dans un endroit froid, un mélange de liqueur des Hollandais et d'une dissolution alcoolique concentrée de potasse. Je chauffai ce mélange dans un bain-marie entretenu à une température d'environ 20 à 25°. Cette température était suffisante au commencement de l'opération pour déterminer l'ébullition de la liqueur.

Le gaz passait d'abord à travers un long tube, arrivait dans un petit ballon à 2 tubulures, où il déposait la plus grande partie de l'alcool et de l'huile entraînés

Digitized by Google

à l'état de vapeur. De là il passait à travers un appareil à boules renfermant de l'acide sulfurique concentré, qui devait retenir les vapeurs d'alcool et d'eau ; enfin il passait à travers un tube de combustion rempli d'oxide de cuivre chauffé au rouge et muni de l'appareil ordinaire de M. Liebig pour les analyses organiques. Trois de ces appareils étaient préparés pour les placer l'un après l'autre, de manière à pouvoir faire trois analyses consécutives.

La température à laquelle se faisait la distillation était pendant la première analyse d'environ 20 à 25°. Pendant la seconde il fallut élever la température à 35 ou 40° ; enfin pendant la troisième il fallut la porter à 55°.

Voici les résultats de ces trois essais.

I. La première analyse a donné 0,^{gr}241 d'eau, et 0,745 d'acide carbonique, ce qui donne :

Carbone.....	0,205998
Hydrogène.....	0,026777

Si l'on divise ces nombres par les poids atomiques, on trouve :

Pour le carbone.....	2695
hydrogène.....	4291

Nombres qui sont entre eux comme 4 : 6,36.

II. La seconde analyse a donné 0,907 d'acide carbonique et 0,337 d'eau, ce qui donne :

Carbone.....	0,250793
Hydrogène.....	0,037444

Et divisant par les poids atomiques, il vient,

Digitized by Google

Pour le carbone..... 3281
hydrogène..... 6000

Ces nombres sont entre eux, comme 4 : 7,31.

III. Enfin la troisième analyse a donné 0,504 d'acide carbonique et 0,202 d'eau, ce qui donne :

Carbone..... 0,139360
Hydrogène..... 0,022441

Et divisant par les nombres atomiques, il vient :

Pour le carbone..... 1823
hydrogène.... 3596

Ces nombres sont entre eux comme 4 : 7,89.

On remarquera que la quantité d'hydrogène va en croissant d'une manière très rapide dans ces trois essais, il est facile d'en concevoir les raisons. En effet, le gaz est d'autant plus chargé de liqueur des Hollandais et d'alcool, que l'opération est plus avancée, puisqu'alors la température à laquelle s'effectue la distillation est plus élevée. De plus les vapeurs d'alcool et une certaine quantité de la liqueur des Hollandais, entraînées par le gaz, se condensent dans l'acide sulfurique. Cet acide ne jaunit que légèrement au commencement, mais à mesure que l'opération se prolonge, sa couleur devient de plus en plus foncée, et il se dégage des vapeurs abondantes d'acide hydrochlorique. Au bout de 24 heures de repos, l'acide est devenu tout à fait noir et beaucoup moins fluide qu'auparavant. Il paraît, d'après cela, que l'acide sulfurique décompose à la longue la liqueur des Hollandais, en dégageant de l'acide hydrochlorique. C'est à la

Digitized by Google

formation de cet acide, qui devient d'autant plus abondante que l'opération se prolonge davantage, qu'il faut surtout attribuer l'accroissement de la quantité d'hydrogène dans les essais rapportés plus haut.

Ces analyses prouvent d'une manière évidente que le gaz ne peut pas être de l'éther hydrochlorique, puisque dans cet éther, le rapport du carbone à l'hydrogène est de 4 à 10, et que malgré toutes les circonstances qui tendent à augmenter la quantité d'hydrogène, cette quantité reste dans mes expériences bien au dessous de ce qu'elle devrait être, si le gaz était de l'éther hydrochlorique.

Si, au contraire, l'on admet que le rapport du carbone à l'hydrogène est celui de 4 : 6, comme cela semblerait résulter de la première analyse ; et que l'on ajoute à cela 2 atomes de chlore ; en un mot, si l'on prend pour la nouvelle substance la formule $C^2 H^3 Cl$, la réaction qui détermine la formation de cette substance, s'explique avec la plus grande facilité. En effet, si de 2 atomes de la liqueur des Hollandais..... $2C + 4H + 2Cl$

on retranche un at. de la nouvelle substance ..... $2C + 3H + Cl$

il reste ..... $H + Cl$

de l'acide hydrochlorique qui se combine avec la potasse. Ainsi, la liqueur ne doit renfermer que du chlorure de potassium, ce qui est conforme aux recherches précédentes.

Pour m'assurer, par l'expérience, que la composition de la substance gazeuse était, en effet, celle que je viens d'admettre, je fis l'analyse par l'oxide de cuivre avec le

Digitized by Google

plus grand soin. L'oxide fut scrupuleusement examiné, pour s'assurer qu'il ne renfermait pas de chlore. Le mélange de liqueur des Hollandais et de la dissolution de potasse caustique dans l'alcool fut abandonné pendant quatre jours à lui-même, pour que la décomposition fût très avancée au moment où l'on devait commencer la distillation. Enfin, cette distillation fut faite à la température la plus basse possible, et on arrêta l'analyse le plus tôt possible, pour que l'acide chlorique n'eût pas le temps de réagir sur la liqueur des Hollandais.

Cette analyse donna $0^{gr},123$ d'eau, et 0,390 d'acide carbonique.

Ce qui donne :

Hydrogène.....	0,013666
Carbone.....	0,107838

L'oxide de cuivre a été dissous dans l'acide nitrique pur, le tube de combustion lui-même a été coupé en morceaux et mis en digestion dans cet acide. Le chlore a été précipité par le nitrate d'argent. Comme le cuivre du commerce renferme toujours une petite quantité d'argent, la partie non dissoute par l'acide nitrique devait renfermer une petite quantité de chlorure d'argent; on l'a séparée en faisant digérer le résidu avec de l'ammoniaque, évaporant une partie de l'ammoniaque et saturant par l'acide nitrique. Ce chlorure d'argent a été réuni au premier; le tout après avoir été fondu pesait 0,655, ce qui donne :

Chlore.....	0,161588

En réunissant ces résultats, il vient :

Digitized by Google

Chlore.....	0,161588
Carbone.....	0,107838
Hydrogène.....	0,013666
	0,283092

Et en calculant pour 100 parties :

Chlore.....	57,08
Carbone.....	38,09
Hydrogène.....	4,83
	100,0

Ces nombres s'accordent aussi bien qu'on peut le désirer avec ceux donnés par la formule $C^2 H^3 Cl$. En effet, d'après cette formule on a :

Chlore.....	56,33
Carbone.....	38,90
Hydrogène.....	4,77
	100,0

Les quantités d'hydrogène et de chlore, obtenues dans l'expérience, sont un peu plus grandes que celles déduites du calcul, et par suite la quantité de carbone est un peu plus faible. Cela tient aux circonstances, que j'ai mentionnées plus haut, et qu'il n'est pas possible d'éviter entièrement.

M'étant assuré que la nouvelle substance pouvait être obtenue à l'état liquide par un froid de — 17°, je voulus confirmer les analyses précédentes en prenant la densité de sa vapeur; mais les recherches que j'ai tentées, dans cette vue, n'ont conduit à aucun résultat. La substance

Digitized by Google

est trop volatile pour que l'on puisse employer commodément la méthode de M. Dumas, ce qui me détermina à donner la préférence à celle de M. Gay-Lussac.

30 ou 40 gr. de liqueur des Hollandais étaient mélangés avec une dissolution concentrée de potasse caustique dans l'alcool. Le mélange, après être resté en digestion pendant trois ou quatre jours, était distillé dans un bain-marie maintenu à une température d'environ 30°. Le gaz passait d'abord à travers un long tube et se rendait dans un petit ballon tubulé, refroidi dans la glace, puis successivement à travers deux appareils à boules renfermant, le premier de l'acide sulfurique concentré, le second une dissolution de potasse caustique, qui avait pour objet d'absorber l'acide hydrochlorique résultant de la décomposition de la liqueur des Hollandais par l'acide sulfurique. Enfin, ce gaz traversait un tube rempli de chlorure de calcium, et se rendait ensuite dans deux appareils réfrigérans placés l'un à la suite de l'autre. Le premier appareil était refroidi dans un mélange de sel marin et de glace, et marquant — 13°. Il avait pour objet de condenser les dernières parties de liqueur des Hollandais, que le gaz pouvait encore retenir. Le second appareil était plongé dans un mélange de glace et de chlorure de calcium fondu, marquant — 22°. Je supposais que le gaz condensé, dans ce second appareil, serait tout à fait exempt de liqueur des Hollandais, mais il n'en fut pas ainsi. D'abord la plus grande partie du gaz traversait les appareils réfrigérans, sans se condenser, et pour verser dans les ampoules le liquide condensé dans le second appareil, on en perdait encore par vaporisation la plus grande partie. La petite quantité de

Digitized by Google

liqueur des Hollandais contenue dans ce liquide se concentrait ainsi dans les ampoules. Et, en effet, en cassant la pointe de ces ampoules sous une cloche remplie de mercure, à la température ordinaire, la plus grande partie du liquide se réduisait instantanément en vapeur, mais il en restait toujours une certaine quantité non volatilisée, qui était de la liqueur des Hollandais. Il n'y avait donc pas à songer à faire une expérience exacte. J'ai recommencé trois fois la préparation du gaz condensé, en changeant chaque fois quelque chose au procédé, pour le recueillir dans les ampoules; mais toujours sans succès.

L'analyse de la substance à l'état de gaz ne peut pas non plus se faire d'une manière complète.

Si l'on fait détonner, dans l'eudiomètre, un mélange de gaz et d'oxigène, les parois de l'éprouvette se couvrent d'une couche blanche de chlorure de mercure, et il se forme toujours une certaine quantité d'acide hydrochlorique, quelle que soit d'ailleurs la proportion de l'oxigène mélangé. Ce procédé ne peut par conséquent servir qu'à déterminer le volume de vapeur de carbone renfermé dans un volume de la nouvelle substance.

Voici les détails de deux de ces expériences :

I. Volume du gaz à la température de 12° et sous la pression 744^{mm}..... 34
Volume de l'oxigène..... 166

Après la détonnation le gaz a été agité avec le mercure, on l'a laissé ainsi pendant quatre heures en l'agitant de temps en temps, après quoi l'on a introduit un peu d'eau pour absorber l'acide hydrochlorique qui pouvait

Digitized by Google

n'avoir pas été condensé complétement par l'eau formée dans l'explosion.

Le volume du gaz humide s'était réduit à...		147
qui donne gaz sec.....		144,8
Après l'absorption de l'acide carbonique, le gaz restant à la température de 14° et sous la pression 740^{mm}, avait pour volume.....		82,5
ou gaz sec à 12° et sous la pression 744^{mm}.....		80,7
Différence, acide carbonique.....		64,1
II. Volume du gaz à 10° et 750^{mm}..		38
Volume de l'oxigène	155,5	
Volume après détonnation du gaz humide à 13° et sous la pression 752^{mm}..	133	
Ce qui donne gaz sec à 10° et à 750^{mm}		129,8
Après l'absorption avec la potasse, le volume est devenu à 15° et sous la pression 753^{mm}.....	60	
Ce qui donne gaz sec à 10° et 750^{mm}		56,1
Différence, acide carbonique.....		73,7

Il résulte de ces deux analyses que 1 vol. de la substance gazeuse produit 2 vol. d'acide carbonique, et renferme par conséquent 1 vol. de vapeur de carbone. Par suite, en admettant la composition ci-dessus il doit renfermer : 1 volume de vapeur de carbone, $\frac{3}{2}$ volumes d'hydrogène et $\frac{1}{2}$ volume de chlore, le tout condensé en 1 volume. Si l'on calcule d'après cela la densité, on trouve :

Digitized by Google

1 litre de vapeur de carbone..	1,09485
$\frac{1}{2}$ d'hydrogène.....	0,13407
$\frac{1}{4}$ chlore.....	1,58508
Poids du litre d'éther gazeux..	2,81400

D'où l'on déduit pour la densité 2,166.

Le potassium n'a pas d'action sensible sur l'éther gazeux à la température ordinaire, mais si on le chauffe même légèrement avec un charbon, le potassium devient incandescent, il y a dépôt de charbon et formation d'une vapeur blanche qui est, peut-être, de la naphtaline. En reprenant par l'eau, on dissout de la potasse et le chlorure de potassium formé, mais il reste toujours une certaine quantité d'une poussière blanche qui ne se dissout pas dans l'eau et qui paraît être du chlorure de mercure provenant d'une petite quantité de ce métal que le potassium entraîne toujours, quand on le fait passer à travers le mercure dans la cloche courbe.

Le potassium ne peut par conséquent pas être employé à faire l'analyse de l'éther gazeux.

J'ai fait passer plus de mille étincelles électriques à travers l'éther gazeux renfermé dans un eudiomètre; il n'y a pas eu de diminution de volume, même après l'introduction d'une petite quantité de dissolution de potasse.

En résumant ce qui précède, on voit que la potasse caustique dissoute dans l'alcool décompose la liqueur des Hollandais, en produisant du chlorure de potassium et une nouvelle substance éthérée; que, dans cette réac-

Digitized by Google

tion la liqueur des Hollandais abandonne à la potasse la moitié de son chlore et une quantité d'hydrogène convenable pour former de l'acide hydrochlorique.

Cette nouvelle substance a pour formule $C^2 H^3 Cl$. Elle est extrêmement volatile, demande une température de — 17° à — 18° pour se condenser. Elle ne se détruit pas par l'étincelle électrique. Son odeur est fortement alliacée.

Enfin, la liqueur des Hollandais, dont la formule est $C H^2 Cl$, peut être considérée comme une combinaison de cette nouvelle substance gazeuse et d'acide hydrochlorique.

Nouvelles Observations sur l'Orcine;

PAR ROBIQUET.

Parmi les différens arts avec lesquels la chimie a le plus de rapports, il en est peu qui en dérivent aussi immédiatement, que ceux d'extraire et de fixer les couleurs. Cette vérité est aujourd'hui si généralement sentie, que nous voyons la plupart des jeunes teinturiers se livrer avec ardeur à l'étude d'une science qui sert comme de base à cette belle industrie, et qui fournit les moyens d'en comprendre la pratique et d'en multiplier les applications. La connexité qui existe entre la teinture et la chimie est facile à saisir dès le premier coup d'œil; mais

Digitized by Google

il n'est peut-être pas aussi aisé de se convaincre du nombre et de l'importance des services rendus, puisqu'on a été jusqu'à émettre des doutes sur les avantages réels que le praticien pouvait retirer de cette science. Naguère encore on aurait pu donner comme un motif plausible de l'immobilité de l'art, que les chimistes n'étaient point assez teinturiers, ou que les teinturiers n'étaient point assez chimistes; mais aujourd'hui ce reproche n'est plus fondé; presque partout les dépositaires d'antiques recettes, les coloristes routiniers ont été remplacés par des hommes instruits, qui sont venus puiser un vrai savoir aux meilleures sources. Mais malheureusement l'intérêt privé s'opposera long-temps à ce qu'on puisse immédiatement connaître tout le fruit qu'on tire de cette importante amélioration. Qui ne sait, en effet, que quand un habile manufacturier a saisi une heureuse application; qui ne sait, dis-je, qu'il se hâte de la mettre à profit, et qu'il se garde bien de la divulguer. Il ne manquera point de s'enquérir, pourquoi dans certaines circonstances ses prévisions sont demeurées sans résultats; mais vous le verrez bien rarement publier les succès qu'il aura obtenus. Rien de plus juste, sans doute; rien de plus naturel: mais alors qu'on ne s'étonne plus si la majeure partie des améliorations qui ont lieu chaque jour et qui, pour la plupart, dérivent d'une science qui n'a, pour ainsi dire, pénétré que d'hier dans les ateliers, demeurent long-temps inconnues, et qu'on ne mesure pas les progrès de l'art, par ce qu'on juge à propos d'en publier. Il est d'ailleurs certain que de grandes difficultés sont attachées à ce genre d'étude. Quoi de plus com-

Digitized by Google

plexe que les différentes combinaisons des matières colorantes, de leurs simples modifications et de leur propre nature elle-même. Il faudrait pour tout comprendre et tout expliquer, pouvoir suivre les matières colorantes dans leurs nombreuses transformations, depuis leur origine jusqu'à leur fixation. Si du moins on pouvait se guider dans une pareille étude sur quelques bases bien fixes, bien déterminées; mais loin de là, on ne possède sur ce point presque aucune généralité, et nous en sommes encore à savoir si dans la nombreuse série des produits organiques il en existe un certain nombre qu'on puisse réunir dans un même groupe, sous la dénomination générale de matières colorantes; c'est-à-dire, si plusieurs d'entre elles possèdent réellement un ensemble de caractères communs. Dans chaque traité de chimie, on trouve bien un chapitre consacré à l'étude des matières colorantes; mais on est tout étonné de n'y rencontrer aucune généralité sur ces corps, et de voir que chaque trait de l'histoire de l'un d'eux est sans analogue dans l'histoire de l'autre. J'ai cherché à déterminer un certain nombre de points de similitude, et tout ce que j'ai pu réunir consiste à établir que les matières colorantes organiques qui ont été extraites à l'état de pureté sont en général neutres, qu'elles sont cristallisables, volatiles; qu'elles s'unissent avec différentes bases, et semblent alors faire fonction d'acide. Les oxides d'aluminium, de calcium, de fer, de plomb, d'étain, sont les bases qui ont le plus de tendance à se combiner aux matières colorantes, et à former avec elles des composés insolubles. Ce sont ces bases qui constituent ce qu'on nomme les *mordans*.

Digitized by Google

Les matières colorantes se distinguent surtout par une grande aptitude à se combiner à la fibre textile. Tantôt l'affinité est telle que la réunion peut avoir lieu sans aucune entremise, comme cela arrive pour l'indigo. D'autres fois elle ne peut s'effectuer sans l'intervention d'un troisième corps ou mordant, qui forme un lien commun entre la fibre organique et la matière colorante. Il arrive aussi, pour quelques unes, qu'elles s'unissent avec les acides, sans toutefois les saturer, et qu'elles semblent alors se rapprocher des bases.

Ainsi, on voit que ces généralités, si toutefois on peut leur donner ce nom, se réduisent à bien peu de chose, et qu'on est obligé, pour rester dans le vrai, de reconnaître que chaque matière colorante a son type particulier, et qu'on ne peut les décrire qu'une à une. Ajoutons de plus que peu de chimistes se sont livrés à cette étude vraiment difficile; et on concevra sans peine que si nous avons tout à espérer d'une science qui découvre sans cesse de nouvelles vérités, il n'en demeure pas moins certain que nous sommes encore fort éloignés de pouvoir nous rendre compte d'une foule de phénomènes qui, chaque jour, se manifestent dans les ateliers de teinture, et dont l'explication contribuerait nécessairement aux progrès de l'art. Sans prétendre pouvoir coopérer à un pareil résultat, je tenterai du moins de signaler quelques faits qui m'ont paru assez curieux pour mériter de la part des chimistes et des teinturiers une sérieuse attention.

L'idée de matière colorante entraine généralement celle de coloration, et l'on ne conçoit guère qu'une substance puisse servir à teindre si elle n'est elle-même for-

Digitized by Google

tement colorée. Et cependant, l'indigo proprement dit, n'est pas tel que l'organisme le produit, et tout nous porte à croire maintenant qu'il est primitivement incolore dans la plante. Ce n'est même pas la seule matière colorante qui soit dans ce cas ; on se rappelle que l'hématine de M. Chevreul est presque incolore, et il est bien à présumer que s'il eût été possible de la préserver de toute altération, elle eût été obtenue parfaitement blanche. J'ai fait voir, moi-même, que la matière teignante de l'orseille dérivait d'une substance incolore, et j'ajouterai qu'il se peut qu'il en soit ainsi dans beaucoup d'autres cas; mais ici encore, nous ne pouvons former que des conjectures plus ou moins vagues. Toutefois, bien que ce nouveau point d'analogie n'ait été signalé jusqu'alors que pour trois espèces connues, cela a suffi pour me déterminer à profiter de l'heureux hasard qui avait placé entre mes mains une matière primitivement incolore, et qui pouvait, par un ensemble de modifications, se transformer en une substance teignante des plus riches. J'étais d'autant plus encouragé dans cette étude, que malgré les recherches multipliées de nos plus habiles chimistes, nous ne connaissons pas encore, d'une manière bien nette, l'espèce d'altération que subit l'indigo incolore pour devenir matière teignante. Je m'étais d'abord imaginé que si je parvenais à déterminer comment s'opérait la transformation de l'orcine en matière colorante, cela pourrait bien m'amener à trouver aussi comment l'indigotine incolore devient bleue. Sans avoir précisément atteint le but, je crois cependant avoir signalé quelques nouvelles données, qui éveilleront, je l'espère, l'attention des chimistes sur un point fort es-

Digitized by Google

sentiel de l'histoire et de l'étude des matières colorantes.

L'orcine, dont je viens de faire mention, fut extraite par moi, en 1829, d'une variolaire, connue des botanistes sous le nom de *variolaria dealbata*, sans doute à cause de la couleur blanche qui la caractérise. On se rappelle peut-être que les principales propriétés que j'assignais à cette nouvelle substance étaient d'être incolore à son état de pureté, cristallisable en beaux prismes quadrangulaires, d'une saveur tellement sucrée, que je l'avais d'abord prise pour une espèce de mannite, et ce ne fut même qu'après bien des essais que je parvins à me convaincre qu'elle était la source unique du principe colorant de l'orseille de terre. Je dis aussi dès cette époque, que cette transformation en matière colorante ne s'opérait que sous l'influence de l'oxigène et de l'ammoniaque, observation qui se trouve tout à fait d'accord avec la fabrication de l'orseille, qui consiste principalement à faire macérer dans des cuves en bois ces lichens, soit avec de l'urine putréfiée, soit plus directement avec de l'ammoniaque ordinaire.

C'était sans doute un résultat fort heureux que d'avoir pu isoler ainsi une matière colorante dans son état primitif, et surtout d'être parvenu à reconnaître sous quelle influence elle passe à l'état de matière colorante; mais cela ne suffisait pas, il fallait encore, pour compléter cette étude, déterminer quelles étaient les modifications réelles éprouvées par l'orcine pendant cette singulière métamorphose, ou, en d'autres termes, trouver en quoi la matière colorante, que je désigne maintenant sous le nom d'*orcéine*, diffère de la substance

Digitized by Google

primitive incolore que j'ai fait connaître sous le nom d'*orcine*.

On jugera sans doute que le meilleur moyen de résoudre cette intéressante question était de procéder immédiatement à l'analyse élémentaire de ces deux produits, de comparer entre elles leur formule de composition et d'expliquer ensuite par des hypothèses plus ou moins probables quel ensemble de modifications était intervenu pour amener une pareille transformation. Mais pour me garantir autant que possible de toute conjecture hasardée, j'ai cru préférable de chercher directement à mieux connaître les influences rigoureusement nécessaires pour opérer ce changement, et j'ai espéré, en suivant cette marche, trouver un guide plus certain pour arriver à la vérité. Après donc avoir constaté de nouveau que le concours de l'ammoniaque et de l'oxigène était indispensable, j'ai reconnu en outre qu'il fallait l'intervention de l'humidité. Ainsi, on peut laisser, pendant un temps plus ou moins long, de l'orcine en contact avec du gaz ammoniac et de l'air sec; il y aura simple absorption par porosité, d'une partie du gaz alcalin, mais point de coloration, et aucune perte de saveur sucrée; tandis que si l'humidité intervient, la coloration se manifeste peu à peu, la saveur sucrée s'affaiblit chaque jour davantage, et elle finit même par disparaître complétement.

Il est donc bien constaté qu'il ne faut rien moins que le concours de l'ammoniaque, de l'oxigène et de l'eau pour opérer la transformation de l'orcine en matière colorante; mais comment s'exerce cette triple influence, et quel est le rôle particulier que chacun de ces trois

Digitized by Google

corps est appelé à jouer dans l'ensemble de cette modification? Telles sont les intéressantes questions qu'on doit se proposer, mais qu'on ne peut guère espérer de résoudre, du moins *à priori*.

Chacune de ces influences, prise isolément, ne mène à aucun résultat. L'ammoniaque, ainsi que nous venons de le voir, est absorbée par l'orcine pulvérisée, comme elle le serait par tout autre corps poreux; mais cette absorption n'entraîne aucune autre modification, aucune altération sensible, et l'orcine reprend ses qualités primitives aussitôt que l'alcali a pu être soustrait. Il en est de même pour l'humidité, et de son côté, l'oxigène demeure sans action, si le contact n'a lieu qu'entre l'orcine et lui. Il faut donc, de toute nécessité, que ces trois corps se présentent en même temps, et ce n'est que leur action simultanée qui peut donner naissance à la matière colorante. Mais en résulte-t-il, pour cela, que chacun d'eux intervient pour une part à peu près égale dans cette réaction? Je ne le pense pas; et tout me porte à croire que l'ammoniaque est appelée à y jouer le rôle principal. Il me suffira, pour en fournir la preuve, de citer l'expérience suivante:

J'ai introduit de l'orcine hydratée et pulvérisée dans une cloche graduée, contenant 15 parties d'air atmosphérique et 3 parties de gaz ammoniac. L'absorption a été prompte et proportionnelle à ce dernier gaz. J'ai successivement ajouté à six reprises différentes et en plusieurs jours, jusqu'à 20 parties de gaz ammoniac. Je n'ai cessé ces additions qu'après avoir reconnu que l'absorption était nulle, malgré un contact prolongé pendant plusieurs jours. Pour séparer ensuite l'alcali en

Digitized by Google

excès dans le résidu de la cloche, j'y ai fait passer de l'eau de chaux, et après avoir agité convenablement il restait encore 14p,1 de gaz. L'eau de chaux avait conservé toute sa transparence; il ne s'était donc point formé d'acide carbonique pendant toute la durée de cette réaction, et, chose bien remarquable, c'est que dans les 14,1 de gaz restant après l'opération, l'oxigène s'y est trouvé à très peu près dans le même rapport que dans l'air. En effet, ces 14,1 parties se sont réduites par le phosphore à 11,47, ce qui donne une perte de 2,63, au lieu de 2,96 qu'elle eût été, si l'air eût conservé tout son oxigène. Ainsi, on voit que ce principe n'intervient que pour une bien petite part dans cette singulière réaction. Toutefois, j'ai remarqué qu'avec de l'oxigène pur, cette absorption était plus prononcée; mais il m'a paru que dans ce cas, le but était dépassé, et qu'au lieu d'obtenir une matière colorante, d'une riche couleur pensée, il ne se produisait qu'une couleur bistrée, comme si trop de charbon était mis à nu.

Quant à l'humidité, il me semble assez facile de lui assigner son véritable rôle, car on sait qu'elle est l'intermédiaire obligé de la plupart des combinaisons, et je suis convaincu que si on y apportait une attention sérieuse, on reconnaîtrait qu'elle est le lien naturel et indispensable d'une foule de réactions, où son intervention n'est même pas soupçonnée. Ainsi, je crois que l'eau est ici, comme dans le plus grand nombre de circonstances, la cause occasionelle de la réaction.

C'est donc dans l'ammoniaque que réside, pour ainsi dire, l'action prédominante de cette métamorphose de l'orcine; mais il reste à savoir si cet alcali s'y combine

Digitized by Google

dans son entier, ou s'il n'intervient que par ses élémens.

Je vais rapporter quelques expériences, entreprises dans le but d'éclairer cette question, et je ferai remarquer d'abord que si l'ammoniaque agissait là principalement comme base salifiable, c'est-à-dire comme propre à saturer un acide, dont elle aurait, en quelque sorte, déterminé elle-même la création, il deviendrait probable que toutes les autres bases alcalines exerceraient la même influence, et cependant un mélange d'orcine, d'eau et de potasse long-temps exposé au contact de l'oxigène ou de l'air, n'éprouve pas le même genre d'altération que celui opéré par l'ammoniaque. Il y a bien coloration en brun, mais toutes les parois internes du vase qui contient le mélange restent, par suite de l'évaporation spontanée, tapissées de petits cristaux de même forme et de même saveur que l'orcine. Craignant que la réaction, qui avait été prolongée plus de huit jours, n'eût cependant pas été suffisante, le produit a été de nouveau délayé dans une certaine quantité de solution faible de potasse caustique, et abandonné au contact de l'air pendant quinze jours encore. La couleur brune avait acquis un peu plus d'intensité; mais la saveur sucrée se distingua toujours très bien, et pour m'assurer si ce mélange contenait encore de l'orcine non altérée, je l'ai fait sécher à très douce chaleur, et j'ai repris le résidu desséché, avec de l'éther rectifié. J'ai obtenu, par ce moyen, une solution légèrement colorée qui, soumise à une évaporation spontanée, a laissé pour résidu de petits cristaux aiguillés presque incolores et sucrés, possédant toutes les propriétés de l'orcine.

Digitized by Google

Ainsi, la potasse placée dans les mêmes circonstances que l'ammoniaque, n'a rien produit de semblable, car la coloration en brun, dont j'ai parlé, se manifeste également par le séjour prolongé de l'orcine humectée, au contact de l'air. C'est un autre genre d'altération.

Il s'agit maintenant de s'assurer si le nouveau produit, auquel j'ai donné le nom d'*orcéine*, ne doit sa propriété teignante qu'à la combinaison directe de l'ammoniaque avec la matière primitive, l'*orcine*. Pour m'en assurer, j'ai d'abord cherché à séparer, à l'aide de la chaleur, la portion d'ammoniaque retenue par simple porosité. Ainsi, j'ai pris de l'orcine qui avait été placée dans les circonstances favorables pour sa transformation en matière colorante, et je l'ai long-temps exposée à une chaleur ménagée d'abord, puis portée jusqu'à la température de l'eau bouillante, pour chasser tout cet excès d'alcali libre. L'odeur ammoniacale n'étant plus perceptible, j'ai délayé le résidu desséché avec de l'eau légèrement aiguisée d'acide acétique. Une petite partie de ce résidu se dissout, le reste se dépose et forme une poudre légère d'un brun puce foncé, qu'on peut recueillir sur un filtre et laver avec de petites quantités d'eau froide, jusqu'à ce que celle-ci ne se colore plus sensiblement; c'est là l'*orcéine*, c'est-à-dire le produit que nous devons étudier, pour savoir si l'ammoniaque y demeure à l'état de simple combinaison; et sur ce point, je remarquerai d'abord que, s'il en était ainsi, il est probable que l'acide acétique employé eût détruit cette combinaison. Loin de là, on ne trouve pas trace de saveur sucrée, même après l'emploi de l'acide acétique, et le produit demeure insoluble, tandis que l'orcine est

Digitized by Google

excessivement soluble. Cependant, si on chauffe dans un tube cette orcéine bien desséchée, il se dégage des vapeurs ammoniacales qui ramènent au bleu le tournesol rougi ; mais on sait que c'est le propre de la plupart des matières azotées, et qu'on n'en peut pas conclure que l'ammoniaque préexiste.

L'orcéine se dissout facilement dans les alcalis, et il est probable que si l'ammoniaque n'y était que combinée, elle serait chassée de cette combinaison par la potasse ou la soude, et qu'on verrait l'orcéine se reproduire ; mais il n'en est pas ainsi. Il est cependant vrai de dire qu'il se manifeste une odeur très sensible d'ammoniaque, quand on fait bouillir l'orcéine avec une solution de potasse caustique. J'en ai tenu ainsi en ébullition pendant un temps très long, puis j'ai saturé l'excès d'alcali par l'acide acétique, et il s'est déposé, par suite de cette saturation, un abondant précipité qui, recueilli sur un filtre et lavé, a reproduit la matière colorante avec ses principales propriétés ; seulement, elle avait acquis par la dessiccation un aspect résineux, et sa cassure était vitreuse ; elle n'était plus pulvérulente.

Je crois qu'il est suffisamment démontré, par tout ce qui précède, que l'ammoniaque n'intervient point dans cette réaction comme alcali, mais bien comme un corps composé, dont les élémens sont mis à contribution, pour la création d'un nouveau produit qui est une matière colorante.

Ainsi, rappelons-le, nous partons d'une matière incolore, non azotée, volatile, cristallisable, très sapide, soluble dans l'eau, dans l'alcool et dans l'éther, et nous arrivons, par l'influence de l'ammoniaque, de l'oxigène

Digitized by Google

et de l'eau, à un produit fixe, très coloré, azoté, peu ou point soluble dans l'eau, incristallisable; en un mot, possédant des propriétés diamétralement opposées à son type originel, type auquel il ne peut revenir par aucun moyen. Ce résultat me paraît assez saillant pour mériter qu'on y porte attention, et il me semble qu'il pourrait bien conduire à l'intelligence de certains phénomènes inexpliqués jusqu'alors. Il est peu de matières, je le répète, qui ait été aussi souvent et aussi bien étudiée que l'indigo. Plusieurs de nos premiers maîtres l'ont soumis tour à tour à un scrupuleux examen, et cependant, non seulement nous ne connaissons point encore assez exactement son état primitif, mais nous ignorons de plus comment de cet état primordial il passe à celui de matière colorante. On admet généralement, depuis les belles recherches de MM. Chevreul, Berzelius et Liebig, que l'indigotine est incolore dans les plantes qui la fournissent; mais l'indigotine incolore, comme le remarque Berzelius lui-même, exige la présence d'un alcali pour se dissoudre, et cependant elle se trouve en complète solution dans l'infusion de la plante, bien que cette infusion rougisse constamment le tournesol. N'en pourrait-on pas inférer que nous ne connaissons pas le vrai radical indigotique, et qu'il est tout autre que l'indigotine réduite de Berzelius, ou que l'acide izatique de Dœbereiner? Il est vrai de dire cependant que M. Chevreul a extrait directement de l'indigotine incolore de la plante; mais il ne l'a pas obtenue en assez grande quantité pour l'examiner comparativement avec l'indigotine réduite, et pour déterminer sous quelles influences précises elle se transforme en matière colorante. M. Che-

Digitized by Google

vreul a vu seulement que l'oxigène était nécessaire; mais il ajoute qu'il n'en faut que des quantités minimes, puisqu'il suffit pour que la coloration ait lieu, sans l'intervention d'aucune autre portion d'oxigène, que l'eau de chaux employée à la précipitation n'ait pas été bouillie. Il n'en est pas de même pour la revivification de l'indigotine réduite, qui exige une quantité notable d'oxigène.

En considérant toutes ces incertitudes et faisant quelques rapprochemens, j'ai cru possible que l'indigotine réduite fût un produit tout à fait distinct du radical indigotique, et que celui-ci ne pût, comme l'orcine, se changer en matière colorante, que sous la triple influence de l'oxigène, de l'eau et de l'ammoniaque. Rien, jusqu'à présent, ne semble autoriser une pareille conjecture; mais si on veut se rappeler les différens procédés mis en usage pour l'extraction de l'indigo, on trouvera là le moyen d'appuyer cette supposition sur quelques probabilités. En effet, deux méthodes principales sont mises en usage pour cette fabrication, la fermentation ou pourrissage, et la macération de la plante pulvérisée. Or, il est bien évident que dans le premier cas, il y a nécessairement de l'ammoniaque de développée, puisque ces plantes renferment plusieurs principes azotés, et que dans le second, on a toujours recours à l'eau de chaux avant le battage, addition qui ne saurait avoir pour résultat unique de faciliter la précipitation, en saturant l'excès d'acide, mais bien plutôt de mettre de l'ammoniaque en liberté, par suite de la décomposition des sels ammoniacaux qui se trouvent dans ces plantes. N'oublions pas, en outre, que M. Chevreul a bien constaté que cette coloration n'exige qu'une quantité infiniment

Digitized by Google

petite d'oxigène, et nous reconnaîtrons ici les mêmes élémens, les mêmes conditions que pour l'orcine. Je m'abuse peut-être, mais je regarde comme probable que le radical indigotique n'est point azoté, que cet élément ne lui est fourni que par l'ammoniaque, et que l'indigo, comme l'orcéine, une fois formé, ils ne peuvent plus ni l'un ni l'autre revenir à l'état primitif, parce qu'il y a eu changement complet dans la nature intime de ces corps, et qu'il n'y a point de parallèle à établir entre le radical indigotique et l'indigotine réduite. Il serait donc bien à désirer, selon moi, que de nouvelles expériences fussent entreprises dans cette direction.

On sera peut-être peu disposé à partager mes idées sur ce point, parce que jusqu'alors on n'a pas observé de semblables réactions; mais je pense que cette première observation en amènera d'autres, et je pourrais, dès à présent, en signaler une qui me paraît présenter de grandes analogies; je veux parler de l'acide gallique ou plutôt de l'acide pyro-gallique. Berzelius a vu que plus on purifiait l'acide gallique ordinaire, plus il perdait de son acidité, à tel point, dit-il, qu'en le débarrassant par la sublimation de toute substance étrangère, on arrive à un corps parfaitement neutre. D'un autre côté, on sait depuis long-temps qu'en combinant de l'ammoniaque avec l'acide gallique, cet acide ne tarde point à se détruire, et qu'il résulte de cette réaction une matière brune très foncée en couleur, que M. Chevreul a constaté ne pouvoir se produire que sous l'influence de l'oxigène. Ainsi, en admettant tous ces faits pour constans, nous voyons encore ici une substance neutre volatile, non azotée, soluble dans l'eau, se convertir sous la

Digitized by Google

triple influence de l'oxigène, de l'ammoniaque, et bien certainement aussi de l'humidité, en un autre produit fixe, azoté, peu ou point soluble dans l'eau, et fortement coloré ; certes, l'analogie ne saurait être plus complète, à moins qu'on ne se refusât à considérer comme matière colorante des produits qui ne fournissent pas des teintes éclatantes et agréables à l'œil.

Ainsi, en admettant que ces observations puissent se généraliser, nous verrions s'agrandir encore le cercle des attributions de l'azote, corps si singulier, si peu connu, et dont la plupart des propriétés caractéristiques ne sont, pour ainsi dire, que des anomalies, corps qui, dans l'origine de la chimie pneumatique, fut à peine compté au nombre des élémens des matières organiques végétales, et qui semble aujourd'hui destiné à y remplir les principaux rôles.

Je me propose d'examiner comparativement, dans un prochain travail, la matière colorante extraite des différens lichens qui concourent à la fabrication de l'orseille, et de voir si leur qualité tinctoriale dérive d'un même principe, l'orcine.

Digitized by Google

OBSERVATIONS METEOROLOGIQUES. *Mars* 1835.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN.			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.		
1	743,00	+ 0,8	96	741,47	+ 3,6	86	741,45	+ 4,9	75	747,25	+ 2,8	90	+ 4,9	+ 0,8	Quelques éclaircies.	S.
2	739,55	+ 3,0	78	760,48	+ 6,6	65	761,00	+ 8,4	40	762,20	+ 4,4	70	+ 8,4	+ 1,4	Beau.	N. N. O
3	755,33	+ 7,8	86	754,52	+11,2	90	754,96	+10,6	49	757,25	+ 5,4	72	+11,2	+ 4,2	Couvert.	O. S. O. fort.
4	758,90	+ 5,6	73	757,05	+ 7,8	70	753,30	+ 6,2	90	748,98	+ 3,4	80	+ 7,8	+ 2,9	Couvert.	S. O.
5	757,70	+ 5,0	62	758,85	+ 6,1	47	759,30	+ 7,0	45	759,07	+ 3,6	64	+ 7,0	+ 3 6	Nuageux.	N. O. fort.
6	747,68	+ 8,6	84	747,97	+ 8,7	50	749,80	+10,6	45	755,28	+ 5,8	66	+10,6	+ 5,8	Pluie par intervalle.	O. très fort.
7	741,33	+ 8,8	95	739,48	+11,1	43	736,16	+ 8,4	95	740,74	+ 5,2	76	+11,1	+ 5,2	Nuageux.	O. S. O. fort.
8	753,26	+ 4,9	52	754,80	+ 6,4	40	755,52	+ 7,0	40	755,60	+ 2,2	71	+ 7,0	+ 2,2	Nuageux.	N. O. fort.
9	745,67	+ 6,5	98	742,08	+ 8,8	97	738,75	+ 8,5	92	740,56	+ 4,8	90	+ 8,8	+ 4,8	Pluie.	S.
10	749,00	+ 3,4	82	751,52	+ 6,7	54	753,25	+ 5,5	65	756,74	+ 3,2	90	+ 6,7	+ 1,5	Grésil.	O. S. O.
11	756,55	+ 7,8	80	756,30	+10,5	77	755,78	+12,0	80	757,14	+10,2	95	+12,0	+ 4,2	Couvert.	S. S. O. fort
12	758,96	+10,4	80	758,42	+14,8	50	757,40	+15,8	54	756,87	+10,8	70	+15,8	+ 8,8	Nuageux.	S. S. O.
13	760,12	+ 7,2	83	761,96	+ 9,6	62	762,72	+10,8	48	764,96	+ 5,6	70	+10,8	+ 5,6	Nuageux.	N. O.
14	763,50	+ 5,8	76	763,36	+ 8,4	73	763,00	+ 7,8	96	763,33	+ 8,4	100	+ 8,4	+ 1,0	Couvert.	S. O.
15	753,62	+ 8,4	100	750,30	+13,4	95	752,52	+10,6	77	759,78	+ 5,2	90	+13,4	+ 5,2	Couvert.	S. O. fort.
16	761,23	+ 6,5	83	760,88	+ 7,2	79	759,70	+ 9,7	73	760,25	+ 7,0	88	+ 9,7	+ 3,4	Pluie abondante.	N. O.
17	758,48	+ 9,0	75	757,12	+ 9,0	70	754,57	+ 7,6	97	752,18	+ 8,6	90	+ 9,0	+ 6,4	Couvert.	O. S. O.
18	752,25	+ 6,3	84	752,80	+ 7,2	80	753,12	+ 7,5	80	756,17	+ 6,4	94	+ 7,5	+ 6,1	Couvert.	O.
19	760,93	+ 5,6	80	761,28	+ 9,0	68	761,38	+ 9,9	45	763,92	+ 5,4	60	+ 9,9	+ 4,8	Nuageux.	N.
20	765,86	+ 5,0	75	765,34	+ 7,8	62	764,57	+ 9,4	50	764,75	+ 5,8	65	+ 9,4	+ 1,4	Nuages clairs.	N. E.
21	763,22	+ 4,4	65	762,20	+ 7,1	54	761,00	+ 8,7	47	761,30	+ 5,4	74	+ 8,7	+ 1,4	Nuageux.	N.
22	761,13	+ 4,0	70	760,48	+ 8,1	55	759,64	+ 9,8	51	760,67	+ 6,0	74	+ 9,8	+ 1,4	Beau.	N. E. fort.
23	760,22	+ 5,9	80	760,38	+ 7,7	53	758,50	+ 9,8	45	759,77	+ 5,6	62	+ 9,8	+ 4,0	Nuageux.	N. E.
24	760,97	+ 5,6	64	760,68	+ 8,8	48	760,20	+ 8,6	55	762,58	+ 4,0	54	+ 8,8	+ 2,0	Nuageux.	E. N. E.
25	766,15	+ 3,8	70	766,37	+ 6,8	48	766,45	+ 8,4	45	768,56	+ 4,8	64	+ 8,4	+ 0,6	Beau.	N. E.
26	769,00	+ 2,2	91	768,54	+ 5,2	88	766,88	+ 7,4	64	765,84	+ 4,5	80	+ 7,4	+ 1,0	Couvert	N. E.
27	764,20	+ 6,7	68	763,05	+10,2	55	761,95	+10,4	54	761,90	+ 7,8	60	+10,4	+ 2,5	Nuageux	E. N. E.
28	759,57	+ 5,0	65	758,45	+ 7,5	53	757,20	+ 8,2	50	756,77	+ 5,7	56	+ 8,2	+ 2,0	Nuageux.	E. N. E.
29	756,68	+ 6,4	65	755,70	+ 9,0	49	754,47	+10,3	44	754,48	+ 6,2	54	+10,3	+ 2,0	Nuageux.	E. N. E.
30	753,94	+ 5,8	60	753,84	+11,2	46	753,27	+13,4	40	753,70	+ 9,8	60	+13,4	+ 1,2	Beau.	N.
31	756,55	+11,4	62	756,65	+15,8	58	756,60	+15,0	84	757,50	+11,4	98	+15,8	+ 8,6	Nuageux.	S. O.
1	751,14	+ 5,4	81	750,82	+ 7,7	64	750,35	+ 7,7	64	752,15	+ 4,0	77	+ 8,3	+ 3,2	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en cent.
2	759,16	+ 7,2	82	758,78	+ 9,7	72	758,46	+10,1	70	759,93	+ 7,3	82	+10,6	+ 4,7	Moyennes du 11 au 20.	Cour. 4,595
3	761,06	+ 5,6	69	760,48	+ 8,7	55	759,65	+ 9,8	52	760,28	+ 6,5	67	+10,1	+ 2,4	Moyennes du 21 au 31.	Terrasse, 3,725
	757,24	+ 6,1	77	756,81	+ 8,7	63	756,26	+ 9,2	62	757,54	+ 6,0	75	+ 9,5	+ 5,4	Moyennes du mois, + 6,5.	

Digitized by Google

Essai d'une Théorie générale comprenant l'Ensemble des Apparences visuelles qui succèdent à la Contemplation des Objets colorés, et de celles qui accompagnent cette contemplation, c'est-à-dire la Persistance des Impressions de la Rétine, les Couleurs accidentelles, l'Irradiation, les Effets de la Juxtaposition des Couleurs, les Ombres colorées, etc.;

PAR J. PLATEAU,

Correspondant de l'Académie royale des Sciences de Bruxelles.

1. Les phénomènes dont il s'agit dans ce mémoire ont depuis long-temps excité l'attention; ils ont été l'objet d'expériences intéressantes et de nombreuses dissertations; mais les physiciens qui les ont étudiés ne les ayant pas envisagés dans leur ensemble, n'ayant pas soupçonné une cause et des lois qui leur fussent communes à tous, la plupart de ces phénomènes sont demeurés comme isolés dans la science et chargés d'une foule de théories différentes; tandis qu'examinés sous le point vue général que ce mémoire a pour objet de développer, ils forment un tout dont les parties concourent au même but, celui d'établir l'existence d'une propriété nouvelle du sens de la vue. Indépendamment des faits nombreux sur lesquels s'appuie la théorie que je propose, la simplicité et l'unité de cette théorie seront, j'espère, un argument puissant en sa faveur.

Digitized by Google

2. Les principaux phénomènes dont nous allons nous occuper sont : *la persistance des impressions de la rétine*, *les couleurs accidentelles qui succèdent aux impressions réelles*, *l'irradiation*, *les effets de la juxtaposition des couleurs*, et *les ombres colorées*.

3. Je diviserai ces phénomènes en deux classes. En effet, les uns ne se montrent qu'après que l'œil a cessé de regarder les objets : tels sont *la persistance des impressions*, et une partie des effets connus sous le nom de *couleurs accidentelles* ; les autres, au contraire, accompagnent la contemplation des objets : ce sont *l'irradiation*, *les effets de la juxtaposition des couleurs*, *et les ombres colorées* (1). Cette division, dont on sentira mieux plus loin toute l'importance, entraîne celle de mon Mémoire en deux sections. Je commencerai par l'examen des phénomènes qui succèdent à la contemplation des objets : cet ordre n'est pas le plus naturel, mais il m'a semblé préférable pour le développement de mes idées.

---

(1) Je dois l'idée de cette division à M. Chevreul, qui a montré combien il était important de distinguer dans l'étude des couleurs accidentelles les phénomènes de simultanéité d'avec ceux de succession. (*Mémoire sur l'influence que deux couleurs peuvent avoir l'une sur l'autre quand on les voit simultanément.* Publié dans les *Mémoires de l'Institut* pour 1832, tome XI.)

Digitized by Google

PREMIÈRE SECTION

Phénomènes qui succèdent à la contemplation des objets.

4. Lorsque la rétine est subitement soustraite à l'action de la lumière, on doit regarder *à priori* comme très probable qu'elle ne reprend pas aussitôt et brusquement son état normal; toutes les analogies doivent nous porter à croire qu'elle y revient, au contraire, graduellement, et cela est, comme on sait, confirmé par l'expérience: tous les physiciens sont d'accord sur ce point, que l'impression produite sur la rétine survit pendant quelque temps à la cause qui l'a fait naître : c'est là ce qui constitue le phénomène de la *persistance des impressions*. Si cette persistance ne nous devient pas sensible toutes les fois que nous portons les yeux d'un objet sur un autre, cela tient à son peu de durée, et à d'autres causes que nous apprécierons mieux plus tard; mais elle devient évidente dans une foule de circonstances, telles que les expériences si connues du charbon allumé que l'on fait tourner rapidement dans l'obscurité, du *thaumatrope*, etc. Enfin c'est là une vérité bien établie, et qu'il serait entièrement superflu d'appuyer ici des preuves nombreuses que l'on peut en donner.

5. Maintenant si l'on se demande suivant quelle loi la rétine écartée de son état normal par l'action de la lumière, doit revenir à cet état normal, et si l'on se borne à raisonner d'après l'analogie, sans recourir à l'expérience, on ne pourra guère admettre que deux hypothèses sim-

Digitized by Google

ples. La première consisterait à supposer que la rétine regagne l'état de repos par une marche de moins en moins rapide, en convergeant simplement vers cette limite, comme un corps échauffé qui reprend peu à peu la température extérieure, ou comme un corps électrisé qui revient par degrés à l'état naturel. La seconde hypothèse consisterait à admettre que la rétine revient à son état primitif par une suite d'oscillations décroissantes, comme un ressort ou un pendule. Ainsi, dans la première hypothèse, on devrait, en se plaçant dans des conditions favorables, voir simplement l'impression s'effacer par degrés, sans être suivie d'aucun autre phénomène; dans la seconde, au contraire, l'impression s'effacerait rapidement pour être suivie d'un effet opposé, dont l'expérience aurait à déterminer la nature; puis se montrerait de nouveau l'impression primitive, mais affaiblie, et ainsi de suite, jusqu'à ce que l'œil ne distinguât plus rien.

6. Examinons donc soigneusement les résultats de l'expérience, et voyons si leur ensemble représente l'une ou l'autre des lois simples que nous venons d'énoncer en ne nous supposant guidés que par l'analogie et le raisonnement. Or la première observation que ces résultats suggèrent, c'est qu'il se passe effectivement sur la rétine quelque chose d'autre que la simple durée de l'impression : je veux parler de la production des *couleurs accidentelles*, phénomène connu également de tous les physiciens, mais expliqué par eux de différentes manières. Ce phénomène consiste, comme on sait, en ce que, si l'on regarde fixement pendant quelque temps un objet coloré et qu'on porte ensuite les yeux sur un fond

Digitized by Google

blanc, ou qu'on les ferme subitement, on voit une image de même forme que l'objet, mais d'une couleur complémentaire de celle de ce dernier.

7. Ce phénomène et celui de la persistance des impressions semblent avoir été regardés comme indépendans l'un de l'autre : les physiciens n'ont guère aperçu le lien qui les unit ; ils ont fait trop peu d'attention à cette circonstance importante, que l'image accidentelle ne se montre jamais qu'après la persistance plus ou moins longue de l'image primitive (1). Cette disposition à isoler les deux phénomènes tient au mode d'expérience que l'on suit ordinairement pour les rendre évidens l'un et l'autre : ces expériences, en effet, ne montrent généralement que l'une des deux apparences ; ainsi le *thaumatrope* ne peut servir qu'à prouver la durée de l'impression primitive, et les expériences de Buffon ne montrent bien que la production des couleurs accidentelles. Il est cependant certains cas où l'on a vu d'une manière évidente la succession des deux images ; mais on n'en a tiré aucun parti pour la théorie. J'espère établir bientôt l'existence de cette relation de succession, qui fait déjà soupçonner l'accord des phénomènes avec notre seconde hypothèse, c'est-à-dire celle des *oscillations* (§ 5). Il restera ensuite à examiner si l'impression accidentelle est réellement d'une nature opposée à celle de l'impression primitive, et si son apparition est suivie d'autres mouvemens oscillatoires

(1) Je dois excepter sir D. Brewster qui, en expliquant un phénomène dépendant des couleurs accidentelles, mentionne expressément cette succession des deux effets. (Voyez la note du § 48.)

Digitized by Google

jusqu'à ce que la rétine soit enfin ramenée à l'état de repos.

8. Avant de commencer cette discussion, je crois nécessaire de rappeler ici, et d'examiner, le plus brièvement possible, les théories diverses auxquelles a donné lieu jusqu'à présent le phénomène des couleurs accidentelles.

Examen des théories proposées.

9. Les premières vues théoriques sur ce genre de phénomènes sont dues à Jurin (1). Il n'a observé que des impressions accidentelles blanches ou obscures, comme celles qui succèdent à la contemplation d'un objet noir sur un fond blanc, ou d'un objet blanc sur un fond noir, et cependant son explication peut s'adapter également aux cas observés depuis, où les apparences sont colorées. La suite de ce mémoire montrera que cette théorie ne mérite pas l'oubli complet dans lequel elle est tombée; et l'on verra, j'espère, que les premières idées suggérées par ces effets singuliers n'étaient pas les moins justes.

« Ces phénomènes, dit Jurin (2), paraissent dépen-
« dre de ce principe, que *lorsque nous avons été pendant*
« *quelque temps affectés d'une sensation, aussitôt que*
« *nous cessons d'en être affectés, il s'en élève une au-*
« *tre contraire, quelquefois par la cessation même,*
« *et d'autres fois par des causes qui dans un autre*

(1) *Essai sur la vision distincte et indistincte.* Ce mémoire est inséré dans le *Traité d'optique* de Smith. (Voyez la traduction de Pezenas, tome 1er.)

(2) Mémoire cité, § 267.

Digitized by Google

« *temps ne produiraient point du tout cette sensation*, « *ou du moins ne la produiraient pas au même de-* « *gré.* »

Puis viennent quelques exemples relatifs aux différens sens, exemples dont je citerai les plus saillans.

« Tout le monde sait que la cessation subite d'une « grande douleur qui a continué quelque temps, est sui- « vie immédiatement d'un plaisir sensible.

« En sortant d'une forte lumière et entrant dans une « chambre où les volets des fenêtres sont presque fer- « més, on a, immédiatement après, la sensation de l'obs- « curité, et elle continue beaucoup plus long-temps « qu'il n'en faut à la prunelle pour se dilater et s'accom- « moder à ce faible degré de lumière, ce qu'elle fait « dans un instant.

« Mais après qu'on est resté quelque temps dans un « lieu beaucoup plus obscur, la même chambre qui « paraissait obscure auparavant paraît assez éclairée.

« Lorsqu'on sort d'un bain froid, ce froid intense est « suivi, immédiatement après, d'une grande cha- « leur. »

Jurin applique ensuite les mêmes considérations à ce qui arrive lorsqu'une partie seulement de la rétine est affectée par l'image d'un objet brillant ou obscur : il en résulte que lorsque l'œil se porte ailleurs, il doit voir des apparences *contraires*, c'est-à-dire que si l'objet était brillant, l'image subséquente sera sombre, et réciproquement; mais ces images auront la même forme que les objets correspondans.

10. La seconde théorie que nous avons à examiner

Digitized by Google

est celle du père Scherffer (1). Publiée en 1761, lors que la science s'était enrichie des observations de Buffon, présentée d'ailleurs avec beaucoup de développemens, et appuyée de nombreux exemples, cette théorie est celle qui a le plus fortement excité l'attention, et maintenant encore elle est adoptée, avec une légère modification, par la plupart des physiciens. Le principe sur lequel elle repose est énoncé ainsi par Scherffer (2) : *Si un sens reçoit une double impression dont l'une est vive et forte, mais dont l'autre est faible, nous ne sentons point celle-ci. Cela doit avoir lieu principalement quand elles sont toutes deux d'une même espèce, ou quand une action forte d'un objet sur quelque sens est suivie d'une autre de même nature, mais beaucoup plus douce et moins violente.*

Ainsi, après avoir regardé fixement pendant quelque temps un objet blanc sur un fond noir, si nous jetons les yeux à côté, sur ce même fond noir, nous verrons une image de la forme et de la grandeur de l'objet, mais d'un noir plus intense que celui du fond ; parce que la partie de la rétine qui a été soumise à l'action prolongée de la lumière blanche renvoyée par l'objet, ne peut plus ressentir l'impression des faibles rayons de même espèce réfléchis par le fond.

11. Quoique cette théorie, telle que son auteur l'a présentée, ait été adoptée par quelques physiciens, il me semble qu'elle ne peut, sans modification, soutenir

(1) *Dissertation sur les couleurs accidentelles*, journal de physique de Rozier, tome XXVI, année 1785.

(2) *Id.*, §3.

Digitized by Google

un examen sérieux. Pour me faire bien comprendre, je vais citer textuellement l'explication d'un autre exemple rapporté par Scherffer lui-même, lorsqu'il traite de la production des images accidentelles colorées. Il suppose qu'après avoir regardé fixement un objet vert, on porte les yeux sur un fond blanc, et il s'exprime ainsi (1) : « L'œil fatigué par une longue attention à « la couleur verte, et jeté ensuite sur la surface blan- « che, n'est pas en état de ressentir vivement une im- « pression *moins forte* de rayons verts. Or, à la vérité, « toutes les modifications de la lumière sont réfléchies « par la surface blanche ; *mais les vertes sont en beau-* « *coup moindre quantité en comparaison de celles qui* « *frappaient l'œil en venant de la tache verte.* Si donc « on fixe l'œil sur le papier blanc, il arrivera que celles « des parties de l'œil qui auparavant avaient senti une « plus forte impression de la lumière verte que les au- « tres, ne pourront pas éprouver à présent tout l'effet « de cette lumière. etc. » D'où Scherffer conclut que l'œil devra voir sur la surface blanche une image dont la teinte s'obtiendrait en retranchant le vert des couleurs du spectre, c'est-à-dire que cette image aura une teinte rouge, complémentaire de celle de la tache verte. Or comment Scherffer a-t-il pu croire que les rayons verts qui font partie de la lumière renvoyée par une surface blanche, étaient en moindre proportion que ceux qui partent d'une surface verte? L'impossibilité si connue de former autre chose que du gris, c'est-à-dire un

(1) Voyez le Mémoire déjà cité, § 8.

Digitized by Google

blanc très-peu lumineux, en mélangeant, dans les proportions les plus convenables, des couleurs matérielles représentant les élémens de la lumière blanche, n'aurait-elle pas dû plutôt lui persuader le contraire? Il y a plus, c'est que le principe posé par Scherffer le met constamment en contradiction avec lui-même: ainsi, après avoir parlé de l'apparence qui succède à la contemplation d'un objet blanc sur un fond noir, lorsqu'on porte les yeux à côté, sur le fond (§ 10), il ajoute (1): « Cette tache nous paraîtra bien plus noire encore et « plus nette, si après avoir considéré la figure blanche, « nous jetons l'œil non sur la surface noire, mais sur « une blanche. *La lumière plus forte frappera d'au-* « *tant plus vivement les fibres qui sont encore fraîches,* « *et la sensation de celles qui sont fatiguées en de-* « *viendra d'autant moins sensible.* » Or, dans ce cas, lorsque je porte les yeux sur la surface blanche, l'impression qu'elle produit ne peut être en aucune manière *plus douce et moins violente* que celle de l'objet, puisque celui-ci et la surface sont supposés blancs tous deux; on sort donc ici des conditions que renferme le principe (§ 10), et par conséquent on ne devrait pas voir d'image accidentelle.

12. Les exemples précédens, auxquels on pourrait en ajouter bien d'autres, suffiront, je pense, pour montrer le peu de solidité de la théorie de Scherffer telle que son auteur l'a donnée; aussi, soit que l'idée d'en modifier le principe ait été inspirée par cette théorie même, soit que

(1) Mémoire cité, § 4.

Digitized by Google

cette modification doive son origine à l'ouvrage de Darwin, dont nous parlerons bientôt, la théorie en question n'a été adoptée par la plupart des physiciens de nos jours que dégagée d'une restriction inutile, et présentée d'une manière à la fois plus simple et plus logique. Son principe, tel que ces physiciens l'admettent, peut s'énoncer simplement de la manière suivante : *Lorsque l'œil, ou un autre organe, a été soumis à une excitation suffisamment prolongée, il perd momentanément de sa sensibilité pour les impressions de même nature.* Et l'on se garde bien d'ajouter, comme Scherffer, la condition que la seconde impression soit plus faible que la première. (1).

Ainsi, lorsqu'après avoir regardé pendant quelque temps un objet rouge, on porte les yeux sur un fond blanc, la partie de la rétine qui a reçu l'impression prolongée des rayons rouges, a perdu de sa sensibilité pour ces mêmes rayons ; et comme la lumière blanche réfléchie par la surface peut être considérée comme formée de rouge et de vert, la partie de la rétine qui est devenue moins sensible au rouge ; devra être affectée d'une sensation dominante de vert.

13. Présentée de cette manière, la théorie de l'insensibilité relative de la rétine a une élégante simplicité qui doit séduire ; voyons si elle satisfait à l'explication des

---

(1) Voyez Thomas Young, *A course of lectures on nat. philos.*, tome 1er, p. 455 ; Despretz, *Traité élémentaire de physique*, 2e édit., page 589 ; Peclet, *Traité élémentaire de physique*, 2e édition, tome II, page 493 ; Gergonne, *Annales de mathématiques pures et appliq.*, tome XXI, pages 289 et 290 ; etc., etc.

Digitized by Google

phénomènes observés. Parmi ces phénomènes, il en est un dont l'existence suffit, selon moi, pour faire regarder la théorie en question comme entièrement insuffisante : aussi n'est-il mentionné, à ma connaisance, dans aucun des ouvrages où cette théorie se trouve exposée ; il consiste en ce que *les couleurs accidentelles se montrent parfaitement dans l'obscurité la plus complète.* Si après avoir regardé pendant un temps suffisant un objet coloré, on ferme les yeux en les couvrant aussitôt d'un mouchoir sur lequel on applique les deux mains, de manière à empêcher totalement le passage de la lumière, on verra bientôt paraître une image d'une couleur complémentaire de celle de l'objet, à peu près comme si on avait porté les yeux sur une surface blanche. Ainsi la contemplation d'uu objet rouge est suivie de l'apparition d'une image verte. Or, les yeux étant ainsi parfaitement couverts, où est donc la lumière blanche dont les rayons, autres que les rouges, affecteraient d'une sensation dominante la partie de la rétine devenue moins sensible à l'action des rayons rouges? Si cette partie n'a gardé toute sa sensibilité que pour les rayons dont l'ensemble forme le vert complémentaire, encore faut-il, si on se borne au principe posé (§ 12), la présence de ces rayons pour faire naître l'image verte en question. Quelle possibilité y a-t-il d'expliquer ce phénomène au moyen de la théorie que nous discutons, et comment une circonstance aussi importante, et qu'il était si facile de vérifier, a-t-elle échappé à l'attention des physiciens de nos jours qui ont adopté cette théorie?

14. Scherffer savait que les couleurs accidentelles se produisent dans les yeux fermés, mais il ne suppose pas

Digitized by Google

que l'on complète l'obscurité en se couvrant parfaitement les yeux comme nous l'avons dit plus haut. Or, si on néglige cette précaution, l'opacité imparfaite des paupières permet l'entrée d'une certaine quantité de lumière à laquelle on peut, à la rigueur, attribuer la formation des images accidentelles. Cependant, quoique Scherffer paraisse ignorer que *l'obscurité la plus complète* n'empêche pas la production des phénomènes, les images qui se montrent dans les yeux simplement fermés l'embarrassent encore extrêmement. « C'est, dit-il (1), le phénomène qui paraît le plus difficile à expliquer..... Tout ce que je puis dire là-dessus consiste en quelques conjectures. » L'une de ces conjectures est d'attribuer le phénomène à la faible lumière qui traverse les paupières; mais cette explication ne satisfait pas entièrement Scherffer, car il va jusqu'à proposer une autre théorie des couleurs accidentelles, théorie qu'il combat lui-même plus loin. « N'y ayant pas, dit-il, « de corps d'une couleur simple, il faut que toutes les « modifications de la lumière soient réfléchies, par « exemple, par un corps rouge, quoique le rouge y « prédomine; et ces rayons accessoires ne sont pas en « si petite quantité qu'on pourrait se l'imaginer, car « une pareille lumière réfléchie, considérée par le « prisme, présente distinctement les sept couleurs pri- « mitives. Ne pourrait-on pas donc être en droit de dire « que *tous ces rayons pris ensemble causent dans l'œil* « *un mouvement modéré, qui par cela même dure plus*

(1) Voyez le Mémoire déjà cité, § 17.

Digitized by Google

« *long-temps que ce mouvement violent qui est produit* « *par la couleur réelle de la figure, et qui cesse le* « *premier d'être distinct après que l'objet extérieur a* » *discontinué d'agir?* » Ainsi la lumière réfléchie par un objet rouge pouvant être regardée comme composée de beaucoup de lumière rouge et d'un peu de lumière verte, c'est cette dernière dont l'impression modérée subsisterait plus long-temps, selon la conjecture de Scherffer, après la disparition de l'objet, que l'impression intense produite par les rayons rouges. Il pourrait donc se produire de cette manière une image verte sans la participation d'une lumière extérieure.

15. Je n'ai pas besoin d'insister sur le peu de fondement de cette nouvelle manière d'envisager les couleurs accidentelles, à laquelle du reste personne n'a fait attention. Elle repose, en effet, sur ce principe que rien ne justifie et qui a contre lui toute les analogies et toutes les probabilités, *qu'une impression forte subsiste moins long-temps, après la cessation de la cause extérieure, qu'une impression plus faible.* Elle conduirait d'ailleurs à cette conséquence évidemment fausse, que les couleurs accidentelles ont moins de durée lorsque l'objet qui les a fait naître était plus éclatant. Enfin, que deviennent, dans cette théorie, les images accidentelles qui se montrent après que l'on a regardé des objets blancs ou noirs?

16. Le passage de Scherffer que je viens de citer, prouve que ce physicien a eu l'idée de la relation de succession qui existe entre la persistance de l'impression primitive et la production de l'image accidentelle (§ 7).

17. Revenons maintenant à la théorie qui attribue simplement les couleurs accidentelles à une diminution

Digitized by Google

momentanée dans la sensibilité de la rétine pour l'espèce de lumière qui vient de la fatiguer.

L'objection capitale tirée de la production des phénomènes dans une parfaite obscurité, n'est pas la seule qu'on puisse opposer à cette théorie : il est d'autres phénomènes tout aussi saillans, tout aussi faciles à vérifier, et qui ne se concilient guère mieux avec elle. Je décrirai ici ces phénomènes parce qu'on ne peut apporter trop de preuves lorsqu'il s'agit de combattre des opinions accréditées depuis long-temps et adoptées par des hommes supérieurs, et parce que la connaissance de ces faits servira d'ailleurs à l'exposition de mes propres idées sur les couleurs accidentelles.

18. Les couleurs accidentelles ne se voient pas seulement sur une surface blanche, ou dans une obscurité complète, elles se montrent encore parfaitement sur des surfaces colorées, et alors elles sont modifiées par la couleur de la surface. Buffon (1) et Darwin (2) mentionnent expressément ce fait que j'ai constaté moi-même fréquemment, et M. Gergonne (3) rapporte des expériences dont le procédé est différent, mais qui, au fond, prouvent la même chose. Parmi ces effets, les uns s'expliquent aisément dans la théorie que nous discutons, mais

(1) *Dissertation sur les couleurs accidentelles*, Mémoires de l'Académie des Sciences, page 155, année 1743.

(2) *Mémoire sur les spectres oculaires*, inséré dans la *Zoonomie* d'Érasme Darwin, traduit par M. Kluyskens, tome II, pages 413, 43, 433. Ce Mémoire se trouve aussi dans les *Transactions philosophiques*, volume LXXVI^e^, année 1786.

(3) *Essai théorique sur les couleurs accidentelles*, Annales de mathématiques pures et appliq., tome XXI, page 291.

Digitized by Google

il n'en est pas de même des autres. C'est ce qu'on verra par les exemples qui suivent.

19. Après avoir regardé, pendant un temps suffisant, un morceau de papier rouge posé sur un fond noir ou blanc, on jette les yeux sur une feuille de papier violet, et on voit paraître une image bleue; si la feuille de papier est orangée, on voit une image jaune. Dans ces deux exemples, on peut rendre raison des effets en disant que la rétine devenue insensible aux rayons rouges, ne verra dans le violet, mélange de rouge et de bleu, que cette dernière couleur, et qu'elle ne verra que du jaune dans l'orangé, mélange de rouge et de jaune. L'explication sera la même dans tous les cas où la couleur de l'objet entrera comme élément dans celle de la surface.

20. Mais qu'arrivera-t-il si cette condition n'est pas remplie ? Si, par exemple, l'objet étant rouge, la surface, sur laquelle on jette ensuite les yeux, est jaune ? ou si, l'objet étant vert, la surface est bleue ? Car enfin si la partie de la rétine fatiguée par le rouge n'a éprouvé d'autres modification qu'une perte de sensibilité pour les rayons de cette espèce, elle doit être affectée comme à l'ordinaire par le jaune de la surface, et il ne doit se produire aucune couleur nouvelle. De même en considérant la couleur d'un objet vert comme un mélange de jaune et de bleu, si la rétine n'éprouve, par l'action prolongée de cette couleur composée, qu'une perte de sensibilité pour le jaune et pour le bleu, lorsqu'on jettera les yeux sur une surface bleue on ne pourra voir qu'une image sombre, et non une couleur nouvelle, car on ne peut tenir compte de l'insensibilité pour le jaune qui n'entre pas comme élément dans la couleur de la surface. Si on voulait

Digitized by Google

regarder le vert de l'objet comme une couleur simple, le raisonnement serait le même que pour l'objet rouge et une surface jaune, et l'on arriverait toujours à conclure qu'il ne peut se montrer de couleur nouvelle.

Or tel n'est pas le résultat de l'expérience : *il se forme toujours une image accidentelle parfaitement distincte, dont la couleur est celle qu'on obtiendrait en combinant la couleur de la surface avec la complémentaire de celle de l'objet* (1). Ainsi un objet rouge donne, lorsqu'on jette ensuite les yeux sur une surface jaune, une image accidentelle d'un beau vert-jaunâtre ; un objet vert fait naître, sur une surface bleue une image d'un beau violet ; un objet orangé produit, sur une surface jaune, une image verte, etc.

21. Remarquons ici que la combinaison entre la couleur de la surface et la complémentaire de celle de l'objet, existe dans les exemples du § 19 comme dans ces derniers, de manière que ce phénomène est général. En effet, si on mêle du violet, couleur de la surface dans le premier exemple du § 19, avec du vert, couleur complémentaire du rouge de l'objet, on produira du bleu qui est la couleur de l'image ; et si on mêle de l'orangé, couleur de la surface dans le second exemple ; avec ce même vert complémentaire, on produira du jaune qui est encore, dans ce cas, la couleur de l'image ; et ainsi de suite.

---

(1) Les couleurs, dit Buffon, qui résultent du mélange de ces couleurs accidentelles avec les couleurs naturelles, suivent les mêmes règles et ont les mêmes apparences que les couleurs naturelles dans leur composition et dans leur mélange avec d'autres couleurs naturelles.

Digitized by Google

22. Quant aux expériences de M. Gergonne, voici comme il les décrit et les explique en même temps : « Si, « tandis que quelqu'un porte attentivement ses regards « sur un grand carton d'un rouge très-vif, exposé aux « rayons du soleil, on vient à jeter subitement sur ce « carton un ruban violet, ce ruban lui semblera bleu, « attendu que blasé sur l'impression du rouge, par la « contemplation du carton, son œil ne verra, dans le « violet du ruban, mélange de rouge et de bleu, que la « dernière de ces deux couleurs; le ruban lui paraîtrait « rouge, au contraire, si le carton était bleu. Dans cette « nouvelle hypothèse, si l'on jetait sur le carton un « ruban vert, ce ruban semblerait jaune au spectateur; « ce même ruban lui paraîtrait bleu, au contraire, si « le carton était de couleur jaune. Dans cette dernière « hypothèse, un ruban orange, jeté subitement sur le « carton, lui paraîtrait rouge; ce même ruban lui paraî- « trait jaune, au contraire, si, comme dans la première « hypothèse, le carton était de couleur rouge. *Dans « tous ces différens cas, la couleur du ruban est com- « posée de la couleur simple du carton, sur laquelle « l'œil est blasé, et d'une autre couleur simple, par « laquelle seulement l'organe peut être affecté.* »

Mais si M. Gergonne était sorti de ces limites, s'il avait essayé ce qui arriverait, par exemple, avec un carton rouge et un ruban jaune ou bleu; avec un carton vert et un ruban bleu ou jaune; etc., il aurait vu alors se produire des phénomènes tout aussi intenses que les premiers, et qui demandent une explication différente.

23. Il me semble qu'après la discussion précédente, il ne peut rester aucun doute sur l'insuffisance de la théorie

Digitized by Google

que je viens d'examiner. Je pourrais ajouter encore d'autres objections, je pourrais citer, par exemple, des phénomènes bien connus qui paraissent avoir les plus grands rapports avec ceux dont il s'agit dans cette section, et qui ne reçoivent de cette théorie aucune explication raisonnable ; mais comme ces phénomènes ne doivent être examinés que dans la seconde partie de ce mémoire, l'objection qu'ils fournissent trouvera mieux sa place en cet endroit.

24. Deux autres théories ont été proposées en 1776 par De Godart (1), avant que le mémoire de Scherffer fût connu en France. Toutes deux consistent à comparer les fibres de la rétine à des cordes sonores, et les couleurs aux tons de la musique.

Dans la première, qui d'ailleurs n'est pas exposée d'une manière bien claire, l'auteur cherche à prouver par l'expérience, que l'échelle des *tons* de la vision est la suivante, en commençant par le moins élevé :

noir, *bleu*, *vert*, *rouge*, *jaune*, *blanc*.

Cela étant, il suppose que, lorsqu'après avoir regardé un objet coloré on porte les yeux sur un fond blanc, la continuation de l'impression directe produite par l'objet agit sur la sensation blanche de telle manière qu'elle en *baisse le ton* ; et cela d'autant plus que le *ton* de l'impression primitive était plus élevé. Par exemple, si l'objet que j'ai regardé était rouge, comme l'impression rouge qui reste dans mon œil est élevée, d'après l'échelle précédente, de trois tons au-dessus du noir,

(1) *Journal de Physique*, tome VIII, page 1 et 269, année 1776.

Digitized by Google

elle fera baisser le blanc du même nombre de tons, ce qui le réduira au vert, couleur accidentelle du rouge, etc. Une semblable théorie n'a guère, je pense, besoin de réfutation.

25. A la fin de son mémoire, l'auteur ajoute : « Voici « une autre théorie de ces phénomènes : c'est de dire « tout uniment *qu'une fibre ébranlée par un objet « reste incapable de donner la sensation d'un autre, « aussi long-temps qu'elle conserve l'impression du premier, et que les différentes couleurs étant exprimées « par des portions d'une même fibre d'autant plus « courtes que le ton de la couleur est plus vif, c'est la « partie qui n'a pas joué qui, excitée par le blanc à « le faire, donne la couleur accidentelle.*

Pour découvrir un sens raisonnable dans cet énoncé, il faut admettre, comme l'examen attentif des mémoires de De Godart semble prouver qu'il le faisait, que les fibres ou plutôt les parties de fibres, qui *conservent l'impression d'une couleur* et qui sont frappées par des rayons de même espèce partant d'un autre objet, se placent, par la combinaison de ces deux effets, dans un état tel qu'il n'en résulte pas de sensation. Quelque dénuée de fondement que paraisse une telle idée, si l'on n'admet pas qu'elle ait été celle de l'auteur, on verra que la seconde partie de l'énoncé conduit à une conséquence absurde.

En effet, j'ai regardé un objet rouge et je porte les yeux sur un fond blanc : alors, selon De Godart, la partie seule de la fibre, qui n'a pas joué, sera mise en vibration par ce blanc, et me donnera la sensation du vert ; or d'après les propres paroles de l'auteur, cet effet

Digitized by Google

ne peut avoir lieu qu'autant que l'autre partie de la fibre *conserve l'impression du premier objet*, c'est-à-dire l'impression du rouge : donc si cette impression rouge affecte mon œil, je percevrai à la fois du rouge et du vert, c'est-à-dire du blanc ; ou, en d'autres termes, il ne se produira pas de couleur accidentelle. Avec l'interprétation que je lui ai donnée, cette théorie reviendrait, au fond, à celle de l'insensibilité.

26. Passons maintenant à l'examen de la théorie proposée par Darwin (1). Ce physicien, tout en adoptant le principe que la rétine devient insensible aux rayons qui l'ont fatiguée, se met commodément à l'abri des objections qu'on peut élever contre cette manière d'envisager les phénomènes, en admettant en même temps le principe des *sensations opposées*, mis en avant par Jurin (§ 9). Ainsi l'image verte que l'on voit lorsqu'on jette les yeux sur un fond blanc, après avoir regardé fixement un objet rouge, provient, selon lui, de deux causes.

1° De ce que la partie de la rétine fatiguée par le rouge est devenue insensible aux rayons de cette couleur, et n'est plus impressionnée que par le vert complémentaire ;

2° De ce que cette partie de la rétine prend *spontanément* un mode d'action opposé qui produit la sensation de la couleur complémentaire verte.

On voit que si l'image accidentelle (ou le *spectre inverse*, comme le nomme Darwin par opposition aux *spectres directs*, c'est-à-dire aux images qui conservent

(1) Voyez son *Mémoire sur les spectres oculaires*, page 414 et suivante de la traduction de M. Kluyskens.

Digitized by Google

la couleur des objets) se montre dans l'obscurité ou sur une surface colorée, on en expliquera sans peine la production, en l'attribuant à la seconde cause seule : car, en vertu de cette cause, les couleurs accidentelles peuvent se produire sans la participation de la lumière extérieure.

27. Du reste, Darwin ne prouve pas suffisamment que ce mode d'action de la rétine, qui nous donne la sensation de la couleur accidentelle, est opposé à celui que produisait la couleur de l'objet. Voici tout ce qu'il dit à ce sujet : « Dans ces expériences, les couleurs des spec-« tres sont l'inverse de celle qui les ont occasionées, « ce dont on peut se convaincre en examinant la fig. 3 « de l'optique de Newton, L. II, p. I, où les lames « d'air minces qui renvoyaient le jaune transmettaient « le violet; celles qui donnaient le rouge transmettaient « un bleu-verdâtre, et ainsi du reste, en tout analogue « aux expériences mentionnées plus haut. » Il regarde ce mouvement opposé que prend spontanément la rétine, comme un effet de la fatigue, analogue à ce qui arrive lorsqu'un membre est demeuré long-temps dans une même position, et qu'il s'étend en sens contraire pour se soulager.

28. Mais puisque Darwin n'a pas besoin, pour expliquer la formation des couleurs accidentelles, de la présence de la lumière extérieure, pourquoi admet-il l'hypothèse de l'insensibilité? pourquoi assembler ainsi deux principes en apparence aussi hétérogènes, et entre lesquels il ne cherche aucunement à découvrir une relation quelconque? C'est ce qu'il ne dit pas clairement; mais on peut conclure de l'ensemble de son travail, qu'il a été

Digitized by Google

conduit à admettre des variations dans la sensibilité de la rétine, pour expliquer certains faits dont sans doute il ne croyait pas pouvoir rendre raison d'une manière satisfaisante par les sensations opposées. Il consacre en effet deux chapitres de son mémoire l'un aux *spectres par défaut de sensibilité*, l'autre aux *spectres par excès de sensibilité*. Parmi les premiers, il range la difficulté qu'on éprouve pendant assez long-temps à distinguer les objets, lorsqu'on passe du grand jour dans un lieu sombre; l'image obscure que l'on voit en jetant les yeux sur une feuille de papier blanc, après avoir regardé fixement un morceau de ce même papier posé sur fond noir; etc. Les seconds sont, par exemple, l'éclat insupportable de la lumière du jour, lorsqu'on sort d'un lieu obscur où l'on est demeuré long-temps; l'image brillante qui succède à la contemplation d'un objet noir sur un fond blanc, lorsqu'on porte les yeux sur un autre endroit de ce fond, etc. Il y a ensuite quelques autres phénomènes qu'il explique par la réunion des deux principes. Ainsi, quoique les couleurs accidentelles puissent se former sans la participation de la lumière extérieure, Darwin remarque qu'une petite quantité de cette lumière les avive : par exemple, pour observer les spectres inverses dans les yeux fermés, il recommande de couvrir ces derniers avec la main, de manière qu'il puisse y pénétrer un peu, mais pas trop de lumière. Ailleurs il remarque que lorsqu'un spectre inverse, observé dans les yeux fermés et couverts, s'affaiblit, on peut le rendre plus vif en ôtant la main de devant les yeux pour admettre plus de lumière, « parce que, dit-il, non seu-« lement la partie de la rétine qui est fatiguée est incli-

Digitized by Google

« née spontanément à éprouver des mouvemens en sens « contraire, mais étant encore sensible à tous les autres « rayons lumineux, excepté à celui qui vient de la fati- « guer, ceux-ci la stimulent encore, et produisent le « mouvement d'où résulte le spectre inverse. C'est encore au moyen de ces deux causes réunies, que Darwin explique tant bien que mal les passages alternatifs des spectres de l'état direct à l'état inverse, et réciproquement, par la suppression et l'admission répétée de la lumière extérieure; phénomène singulier qui se produit dans certaines circonstances, et qui avait été observé antérieurement par Francklin (1).

29. Enfin Darwin, tout en établissant soigneusement la distinction entre les *spectres directs*, ou la continuation des impressions primitives, et les *spectres inverses* ou les couleurs accidentelles, ne paraît nullement regarder les seconds comme succédant aux premiers : il semble croire que les uns ou les autres seront produits isolément suivant les circonstances, et il cherche à prouver par l'expérience, que les premiers sont le résultat d'une fatigue modérée de l'organe, tandis que la production des seconds exige une fatigue plus grande. Nous rechercherons plus loin la cause de cette erreur.

30. En résumé, la théorie de Darwin est celle qui donne l'explication raisonnable du plus grand nombre de phénomènes; mais son auteur n'arrive à ce but qu'en s'appuyant sur deux principes qui, sans se contrarier mutuellement, ne paraissent du moins avoir entre eux

(1) *Journal de Physique*, volume II, page 383, année 1773.

Digitized by Google

aucune liaison, de sorte qu'il en résulte pour sa théorie une faible probabilité, et c'est sans doute à cause de cela qu'elle n'a été adoptée par personne.

31. Jetons maintenant un coup d'œil sur une autre manière dont on a envisagé les couleurs accidentelles : je veux parler de la théorie du *contraste*, exposée par Prieur de la Côte-d'Or dans un mémoire lu à l'Institut en l'an 13. Les recherches inutiles que j'ai faites pour découvrir ce mémoire, me font croire qu'il n'a pas été imprimé ; mais il en existe une analyse détaillée dans le vol. 54 des *Annales de Chimie*. Je citerai ici les passages de cette analyse qui sont relatifs aux vues théoriques de l'auteur ; on verra bientôt le rapport direct qu'ils ont avec les phénomènes dont nous nous occupons maintenant.

« A ces préliminaires, l'auteur fait succéder des ob-
« servations sur les *contrastes*. Il emploie ce mot à
« caractériser l'effet de la vision simultanée de deux
« substances différemment colorées, lorsqu'elles sont
« rapprochées, et dans certaines circonstances. *Le con-*
« *traste est donc ici une comparaison d'où résulte le*
« *sentiment d'une différence quelconque, grande ou*
« *petite.* »

Et plus loin : « Les nouvelles couleurs manifestées
« par le contraste sont toujours conformes à la nuance
« que l'on obtiendrait *en retranchant de la couleur*
« *propre de l'un des corps, les rayons analogues à la*
« *couleur de l'autre corps.* » Ainsi, dans certaines circonstances, une petite bande de papier orangé placée sur une feuille de papier rouge, paraîtra jaune, c'est-à-dire d'une couleur que l'on peut considérer comme de l'o-

Digitized by Google

rangé moins du rouge ; sur du papier jaune elle paraîtra rouge, etc. Une petite bande de papier blanc paraîtra, dans les mêmes circonstances, teinte de la couleur complémentaire de celle du fond, ou, en d'autres termes, de la couleur qu'on obtiendrait en retranchant, du blanc, les rayons analogues à la couleur du fond, etc.

Tout ce qui précède n'est relatif, comme on voit, qu'à des phénomènes qui accompagnent la contemplation des objets, et sur lesquels je reviendrai dans la seconde section de ce mémoire ; mais cet aperçu était nécessaire pour l'intelligence de ce qui suit.

Le seul passage de l'analyse en question qui concerne directement les phénomènes de succession, est le suivant : « Les couleurs nommées par Buffon accidentelles, « et sur lesquelles Scherffer a donné un intéressant mé- « moire, appartiennent à la classe des contrastes, *ou* « *du moins suivent constamment la même loi.* »

Il semble, d'après ceci, que Prieur ne soit pas bien certain qu'il faille attribuer ces effets à la même cause que les précédens. D'ailleurs les passages que j'ai cités, et qui sont les seuls dont on puisse tirer quelque éclaircissement sur l'opinion de l'auteur, laissent encore bien du vague sur la manière dont il envisage cette cause. Aussi me serais-je borné à indiquer en quelques mots la théorie du contraste, si elle n'avait été adoptée par M. Biot : voici comme il s'exprime à ce sujet (1) : « Cette sensation » celle de la lumière « peut aussi être excitée « ou éteinte *par comparaison*. Par exemple, si l'œil

(1) *Précis élémentaire de physique expérimentale*, 2e édit., tome II, pages 372 et 373.

Digitized by Google

« s'est long-temps fixé sur un espace étendu et coloré « d'une teinte uniforme, il semble *qu'il fasse ensuite* « *abstraction* de cette couleur là, s'il se porte vers quel- « que autre objet. Alors on voit sur ces objets une tache « dont la couleur est complémentaire de celle sur la- « quelle l'œil s'est fixé d'abord, c'est-à-dire qu'elle se « compose de ceux des rayons de l'objet qui ne font « point partie de cette couleur-là. Ces apparences pro- « duites *par contraste* se désignent sous le nom de cou- « leurs accidentelles. »

Cette manière d'exposer la théorie du contraste n'est pas encore de nature, il faut l'avouer, à jeter un jour bien clair sur cette théorie; cependant, si j'ose être l'interprète des physiciens qui l'ont adoptée, je dirai que, d'après la définition du contraste rapportée plus haut, et les divers passages que j'ai cités, il me semble que l'opinion de ces physiciens pourrait être développée ainsi. Lorsque je regarde, soit simultanément soit successivement, deux objets colorés, la comparaison que j'établis involontairement entre ces deux objets, affaiblit en moi la perception de ce qu'ils ont de commun, et je suis d'autant plus frappé des différences; car c'est le résultat ordinaire de toute espèce de rapprochement, de rendre les différences plus saillantes. D'où il suit, par exemple, que si après avoir regardé un objet rouge je porte les yeux sur une surface blanche, la partie rouge de ce blanc, qui lui est commune avec l'objet, m'affectera moins, et je ressentirai une impression dominante de la partie complémentaire verte.

32. Mais une chose resterait encore à décider. D'après la manière de voir de Prieur et de M. Biot, ce résultat

Digitized by Google

du contraste, par lequel s'affaiblit le sentiment de la partie commune des couleurs des deux objets, doit-il être regardé comme un effet physique, c'est-à-dire comme une modification de la rétine, ou comme un effet purement moral ? Dans la première hypothèse, on retrouve évidemment la théorie de l'insensibilité ; mais la seconde montre les phénomènes sous un aspect nouveau qu'il importe d'examiner ici.

Or les couleurs accidentelles présentent un effet singulier, mentionné pour la première fois par Scherffer, et dont ce physicien, prévoyant sans doute qu'on pourrait attribuer ces phénomènes à une cause morale, a tiré ingénieusement parti pour prouver que ces couleurs sont dues à une véritable affection de la rétine. Ce phénomène consiste en ce que la grandeur des images accidentelles paraît varier avec la distance de la surface sur laquelle on jette les yeux : ainsi la même image semblera très grande sur une muraille assez éloignée, et ne paraîtra que comme un point sur une feuille de papier tenue près des yeux. Or c'est là précisément l'effet que doivent présenter des images résultant d'une modification durable éprouvée par une portion déterminée de la rétine : car la partie modifiée ayant une étendue constante, si nous attribuons, successivement aux images, des distances différentes en les projetant sur des surfaces plus ou moins éloignées, nous devons nécessairement juger leur grandeur absolue plus ou moins considérable. Cet effet suffit, je pense, pour montrer que les couleurs accidentelles ne peuvent être rangées dans la classe des faits purement moraux : car, dans ce cas, on ne voit aucune raison pour que la grandeur absolue de l'image

Digitized by Google

paraisse varier ; il semble évident, au contraire, que nous devrions toujours lui attribuer exactement la grandeur absolue de l'objet auquel nous la comparerions.

33. Enfin une dernière théorie a été proposée par sir D: Brewster (1). Ce physicien compare l'état de l'œil pendant la contemplation d'un objet coloré, à celui de l'oreille pendant la perception d'un son, et admet que *la vision de la couleur primitive et celle de la couleur accidentelle sont simultanées, de la même manière que le son fondamental et le son harmonique sont perçus simultanément par l'oreille.* Ainsi, d'après cette théorie, l'image accidentelle verte que fait naître un objet rouge, existe déjà sur la rétine pendant que l'on regarde cet objet ; et lorsqu'ensuite on jette les yeux sur une surface blanche, cette impression verte, qui est alors isolée de sa combinaison avec l'impression primitive, s'ajoute à l'impression du blanc. Les faits rapportés à l'appui de cette théorie, tant de l'article du *Phil. mag.* cité en note que dans le passage également cité des *Letters on Natural Magic*, sont les suivans :

1° Sir D. Brewster supposant que l'on regarde pendant long-temps un objet rouge, s'exprime ainsi, en parlant de l'impression accidentelle verte perçue, d'après sa théorie, en même temps que la couleur rouge directe : « L'effet de cette vision du vert est de faire paraître le

(1) Cette théorie a été développée dans un ouvrage que je crois être l'*Encyclopédie* d'Edimbourg (volume 1er, art. *Accidental colours*). Je n'ai pu me le procurer ; mais sir D. Brewster revient sur sa théorie et en donne un aperçu dans le *Philosophical Magazine*, numéro de mai 1834, volume IV, page 354. Il en dit enfin quelques mots dans l'ouvrage intitulé *Letters on Natural Magic*, page 22.

Digitized by Google

« rouge *plus pâle*, en se mêlant avec lui. Le rouge et « le vert tendent à produire du *blanc;* mais comme le « rouge direct prédomine beaucoup sur le vert acci- « dentel, le résultat est toujours un *rouge pâle.* »

2° On regarde fixement, d'un œil, un cachet de cire rouge, pendant un temps suffisant pour la production d'une image accidentelle intense; puis, sans cesser de regarder le cachet, on approche de l'œil la flamme d'une bougie, que l'on place de telle manière que les rayons venant de l'objet à l'œil, passent près de cette flamme. Alors la couleur du cachet paraît cesser d'agir sur la rétine, et la cire semble être devenue noire; de plus le cachet paraît en même temps se couvrir d'une faible lumière *verdâtre* et comme phosphorescente. Ainsi, dans ce cas, l'image accidentelle semble effectivement se montrer pendant la contemplation de l'objet coloré.

3° Dans certaines circonstances où une partie de la rétine reçoit l'impression d'une couleur dominante, d'autres parties de l'organe sont affectées *en même temps* de l'impression complémentaire. Ainsi, dans un appartement peint d'une couleur brillante, et éclairée par le soleil, les parties de l'ameublement sur lesquelles cette lumière ne tombe pas directement, semblent se teindre de la couleur complémentaire; quand la lumière du soleil pénètre par un petit trou percé dans un rideau d'étoffe colorée, si l'on reçoit cette lumière sur un papier blanc, elle paraît d'une couleur complémentaire de celle du rideau, etc.

34. Examinons maintenant ces faits. D'abord je ne puis admettre le premier. Sir D. Brewster plaçait probablement l'objet coloré sur un fond blanc, comme on

Digitized by Google

le fait souvent lorsqu'on n'a pour but que d'observer l'image accidentelle subséquente ; alors effectivement, il semble que, par une contemplation prolongée, un peu de blanc se mêle à la couleur de l'objet. Mais il est évident que si l'on veut examiner l'effet qu'une contemplation prolongée peut avoir sur l'aspect de l'objet coloré, et se mettre, dans cette expérience, à l'abri de toute illusion, il faut isoler l'objet de toute influence étrangère, et par conséquent le placer sur un fond noir. Or, dans ce cas, la couleur, au lieu de devenir plus pâle ou de se mêler de blanc, devient au contraire *plus sombre*. Les faits suivans ne laissent aucun doute à cet égard.

« Si l'on regarde long-temps, dit Buffon (1), une « tache blanche sur un fond noir, *on voit la tache blan-* « *che se décolorer.* » Mais du blanc qui se décolore ne peut être que du blanc qui devient sombre.

A l'objet blanc substituons un objet d'une couleur quelconque, un morceau de papier rouge, par exemple, en le plaçant toujours sur un fond noir, et pour mieux juger de l'effet, employons un objet de comparaison. Après avoir regardé pendant long-temps le papier rouge, en tenant l'œil constamment fixé sur le même point, plaçons à côté de ce papier, et sans changer la position de l'œil, un second morceau du même papier coloré. Il est évident que l'image de celui-ci tombant sur une autre partie de la rétine, il pourra servir de terme de comparaison, et permettra d'apprécier l'altération apparente éprouvée par la couleur du premier.

(1) Voyez le Mémoire déjà cité, page 153.

Digitized by Google

Or cette altération est rendue, par ce moyen, extrêmement sensible : le papier qui a produit une impression prolongée, paraît beaucoup plus foncé, plus sombre que l'autre. On peut s'assurer aussi, par ce moyen, que l'altération dans la couleur de l'objet est progressive, c'est-à-dire qu'elle est d'abord très faible, et qu'elle croît avec la durée de la contemplation.

On conçoit, d'après ce qui précède, que si l'on place l'objet sur un fond blanc, l'altération due à une contemplation prolongée se porte à la fois sur l'objet et sur le fond, de sorte qu'on observe alors un effet relatif et qui ne prouve plus rien.

Maintenant puisque l'effet d'une contemplation prolongée, sur un objet isolé de toute influence étrangère, est, comme je l'ai montré, de faire paraître cet objet plus sombre ; ce fait loin de conduire à admettre l'existence simultanée de l'impression directe et de l'impression accidentelle (§ 33), est, au contraire, évidemment opposé à cette conclusion.

35. Le second fait rapporté à l'appui de la théorie que nous examinons, me paraît peu concluant. Avant qu'on approche de l'œil la flamme de la bougie, l'action prolongée de l'objet rouge a mis la rétine dans un état tel, que si l'on venait à la soustraire à cette action, on verrait une image accidentelle verte. Or, par des causes dont nous ne pouvons nous occuper maintenant, la présence de la flamme empêche les rayons rouges de produire leur sensation, puisque la cire rouge semble devenir noire : aussi une cause *étrangère à la contemplation prolongée de l'objet rouge* vient, en effet, soustraire l'œil à la sensation des rayons émanés de cet objet.

Digitized by Google

Est-il étonnant alors que l'on voie paraître la couleur accidentelle verte résultant de cette contemplation? Certes le phénomène serait inexplicable dans la théorie de l'insensibilité ; mais il n'en est pas ainsi dans celles qui expliquent la production des couleurs accidentelles dans l'obscurité. Je reviendrai, dans la seconde section de ce mémoire, sur la manière dont la flamme agit dans l'expérience ci-dessus ; j'ai seulement voulu montrer ici qu'il ne résultait nullement de cette expérience, que l'image accidentelle dût exister pendant la contemplation de l'objet coloré.

36. Quant au troisième fait, qui doit former le principal objet de la seconde section de ce mémoire, et qui renferme tous les cas dans lesquels la couleur accidentelle se montre hors de la surface de l'objet coloré pendant que la lumière émanée de cet objet agit sur la rétine, ce fait ne prouve rien, ce me semble, pour la partie même de l'organe qui reçoit l'impression de cette lumière. Les couleurs accidentelles qui se montrent de cette manière, se distinguent, d'ailleurs, par des propriétés particulières, de celles qui *succèdent* à l'action de la lumière colorée, et qui occupent sur la rétine l'espace même qu'avait affecté cette lumière. Tandis que l'intensité de ces dernières est d'autant plus grande que l'action de la lumière colorée s'est prolongée davantage, les premières, au contraire, s'aperçoivent avec toute leur intensité, au bout d'un temps fort court (1), et j'ai souvent remarqué qu'une contemplation prolongée sem-

(1) Voyez le Mémoire déjà cité de M. Chevreul, page 41.

Digitized by Google

blait plutôt les affaiblir que les aviver. Par exemple, si, d'après le procédé de Prieur, on tient entre une fenêtre et l'œil, un morceau de papier rouge demi-transparent sur lequel est appliquée une bande étroite de carton blanc, cette petite bande paraîtra de suite teinte en vert; et, en continuant à la regarder fixement, le vert n'augmentera nullement en intensité, il semblera plutôt s'affaiblir par cette contemplation prolongée. Il résulte de là qu'il ne faut pas confondre les deux espèces de couleurs accidentelles, et que l'existence des unes ne rend nullement probable l'existence *simultanée* des autres. Ce qui suit appuie encore ces conclusions.

37. Admettons pour un instant la théorie que nous examinons, et supposons que la couleur accidentelle qui se montre hors de la surface d'un objet coloré, ne soit qu'une extension de celle qui existerait *en même temps* sur la portion de la rétine occupée par l'image directe de cet objet. S'il en est ainsi, lorsqu'on portera ensuite les yeux sur une surface blanche, la couleur accidentelle, qui se montrera alors seule, devra continuer de s'étendre hors des limites de l'espace occupé par l'image de l'objet; c'est du moins ce qui doit paraître extrêmement probable. Ainsi, dans l'expérience de Prieur citée plus haut, si la couleur verte de la petite bande est due à ce que la couleur accidentelle qui, d'après la théorie en question, est combinée avec l'impression rouge du papier, s'étend à la partie de la rétine correspondante à l'image de cette petite bande; il est bien probable que lorsqu'après une contemplation suffisamment prolongée, on portera les yeux sur une surface blanche, la couleur accidentelle verte continuera de

Digitized by Google

s'étendre à l'espace occupé par l'image de la petite bande, image qui ne devra plus alors se distinguer de celle qui est produite par le papier, ou qui ne s'en distinguera que par une autre nuance de vert. Or les choses se passent d'une manière tout opposée. Non seulement les points étrangers à l'image de l'objet coloré cessent alors de présenter la teinte complémentaire; mais, au contraire, ils se teignent de la couleur même de cet objet. Par exemple, dans l'expérience ci-dessus, tandis que l'image accidentelle du papier paraît *verte*, celle de la petite bande paraît *rouge*. Le procédé suivant rend l'effet plus intense et plus facile à observer. On colle au milieu d'une feuille de papier rouge, un rectangle de papier gris d'environ un centimètre et demi de largeur, et de cinq ou six centimètres de longueur. Ce rectangle doit être à peu près d'un gris tel qu'il ne paraisse ni plus clair ni plus sombre que le fond rouge sur lequel il se détache, condition que l'on obtient aisément au moyen de couches successives d'encre de Chine. Le tout étant placé dans un lieu modérément éclairé, on s'en éloigne de trois ou quatre mètres, et l'on regarde le rectangle, qui paraît aussitôt d'un vert plus ou moins intense; on continue à le regarder fixement pendant quelque temps, puis on porte les yeux sur le plafond de l'appartement, et l'on voit, au milieu de l'image *verte* produite par la feuille de papier *rouge*, un rectangle *rouge* correspondant à l'image de celui qui paraissait *vert*.

38. D'après tout ce qui précède, il me semble évident que quand même la combinaison entre l'image directe et l'image accidentelle existerait, les teintes complémentaires qui se montrent en même temps hors de la surface

Digitized by Google

de l'objet coloré ne pourraient être dues à une extension de cette image accidentelle. Dès-lors, la combinaison supposée devient extrêmement peu probable ; car il s'ensuivrait l'existence simultanée de deux couleurs accidentelles juxtaposées, qui seraient identiques quant à la teinte, mais qui seraient en quelque sorte indépendantes l'une de l'autre, et présenteraient des phénomènes tout différens.

39. Essayons de résumer toute la discussion précédente.

L'explication des couleurs accidentelles a donné lieu à huit théories.

1° La première, émise par Jurin, et qui n'est qu'un simple aperçu, regarde les impressions accidentelles comme des sensations *opposées* à celles que produisent directement les objets ;

2° Des deux suivantes, proposées par Scherffer, la première, telle qu'il l'a donnée, attribue les phénomènes à ce que l'organe de la vue soumis à l'action prolongée des rayons d'une certaine couleur, perdrait momentanément de sa sensibilité pour une action *plus faible* des rayons de la même espèce. Cette même théorie légèrement modifiée par la plupart des physiciens qui l'ont adoptée, suppose seulement dans la rétine une diminution de sensibilité pour l'espèce de rayons qui viennent de la fatiguer, sans ajouter la condition que la seconde impression soit plus faible que la première ;

3° La seconde théorie de Scherffer considère l'image accidentelle comme due à la prolongation de l'impression faible produite par les rayons étrangers à la couleur do-

Digitized by Google

minante de l'objet, impression qui subsisterait plus longtemps que celle de cette couleur dominante;

4° Les deux théories de De Godart, qui viennent ensuite, comparent les fibres de la rétine à des cordes sonores, et les couleurs aux tons de la musique. La première suppose que la continuation de la sensation excitée par un objet, agit sur l'impression blanche produite par la surface sur laquelle on jette ensuite les yeux, de manière à en *réduire le ton* à celui de la couleur accidentelle.

5° La seconde paraît n'être, à proprement parler, que la théorie de l'insensibilité mal conçue et mal exprimée;

6° La théorie de Darwin explique les phénomènes en réunissant le principe des sensations opposées à celui de l'insensibilité;

7° La théorie de Prieur attribue les couleurs accidentelles au *contraste*;

8° Enfin la dernière théorie, proposée par sir D. Brewster, suppose que la couleur accidentelle qui doit succéder à l'impression d'un objet coloré, existe sur la rétine en même temps que cette impression, et se trouve ensuite isolée, lorsque cette dernière cesse d'exister. Cette théorie compare les couleurs accidentelles aux sons harmoniques qui se font entendre en même temps que les sons principaux.

4o. De ces huit théories, les plus importantes sont: celle de Jurin; la première de Scherffer, telle qu'il l'a présentée, et cette même théorie modifiée: celles de Darwin, de Prieur et de sir D. Brewster.

Mais on a vu que la première théorie de Scherffer,

Digitized by Google

telle qu'il l'a donnée, est en contradiction avec elle-même.

Que cette même théorie modifiée est insuffisante pour l'explication de plusieurs phénomènes importans, tels que la production des couleurs accidentelles dans une obscurité complète, et sur des surfaces colorées dont la couleur ne contient pas comme élément celle de l'objet.

Que la théorie de Darwin s'appuie sur deux principes qui, tout en produisant, dans certaines circonstances, des effets semblables, paraissent cependant tout à fait hétérogènes, sans que l'auteur cherche à montrer entre eux aucune liaison.

Que la théorie du contraste n'est pas bien claire; qu'on ne voit pas surtout si elle attribue les phénomènes à une cause physique ou à une cause morale : que, dans la première hypothèse, cette théorie revient à celle de l'insensibilité; et que, dans la seconde, elle est en opposition avec des phénomènes qui prouvent que les impressions accidentelles sont dues à une véritable modification de la rétine.

Enfin que la théorie de sir D. Brewster, du moins telle qu'on peut la connaître d'après les passages cités des *Letters on natural Magic* et du *Philosophical Magazine*, est appuyée sur des faits peu concluans; et que cette théorie a contre elle des expériences qui prouvent que pendant la contemplation d'un objet isolé de toute influence étrangère, la couleur de cet objet se montre graduellement plus sombre.

Digitized by Google

Exposition d'une théorie nouvelle.

41. Maintenant essayons d'aller plus loin. Puisque les images accidentelles ne peuvent être dues à une cause morale (§ 32), et naissent par conséquent d'une véritable affection de la rétine; et puisqu'il est prouvé qu'elles peuvent se produire sans aucune participation de la lumière extérieure (§ 13), il faut en conclure que *l'image accidentelle résulte d'une modification particulière de l'organe, en vertu de laquelle il nous donne spontanément une sensation nouvelle.*

42. Ce premier point établi, montrons maintenant que la rétine ne prend jamais ce nouvel état qu'après avoir passé par celui qui nous donne la continuation de la sensation primitive; ou en d'autres termes, que le phénomène des *couleurs accidentelles* ne se produit jamais sans avoir été précédé de celui de la *persistance des impressions* (§ 7).

Puisque, d'une part, des expériences nombreuses, telles que le charbon ardent agité dans l'obscurité, le thaumatrope, etc., prouvent d'une manière incontestable que lorsqu'un objet cesse de produire directement une image sur la rétine, l'impression qu'il y a fait naître continue de subsister pendant un temps fini quoique généralement très court; et puisque, d'une autre part, après la contemplation prolongée d'un objet, nous voyons paraître, en fermant les yeux ou en les portant ailleurs, une image peinte de la couleur complémentaire, et dont la durée est incomparablement plus grande que ne se montre celle de l'impression primitive dans les expé-

Digitized by Google

riences du charbon ardent, etc. ; n'est-il pas tout naturel de croire que cette image complémentaire a été précédée de la persistance de l'impression primitive ; mais que cette persistance ne durant généralement qu'une fraction de seconde, le temps nécessaire pour fermer les yeux ou pour les porter ailleurs suffit pour qu'elle ait déjà disparu ? On conçoit aisément qu'en pareil cas, un phénomène aussi fugitif nous échappe ordinairement, tandis que nous remarquons, au contraire, l'image accidentelle, parce qu'elle subsiste assez long-temps pour être facilement observée. Si l'on n'admettait pas cette succession entre les deux phénomènes, il s'ensuivrait, contre toute vraisemblance, que la rétine passe subitement et *sans intermédiaire*, de l'état qui nous donne la sensation primitive, à l'état tout différent qui produit en nous la sensation de la couleur complémentaire.

43. A la vérité il y a cette différence essentielle entre les deux modes d'expériences par lesquels on manifeste ordinairement les deux genres de phénomènes, que dans le premier, par exemple dans l'expérience du thaumatrope, l'objet qui passe rapidement devant l'œil, n'agit sur lui que pendant un espace de temps très court ; tandis que dans le second, l'observateur contemple l'objet pendant long-temps, avant de porter ses regards ailleurs. Or cette différence dans les deux procédés ne pourrait-elle pas en faire soupçonner une dans la nature des effets ? Si l'on réfléchit combien le temps pendant lequel on regarde l'objet, a d'influence sur la manifestation des couleurs accidentelles, ne sera-t-on pas porté à croire qu'une certaine fatigue de l'organe est *nécessaire* à leur production ? et dès lors ne pourra-t-on pas supposer que

Digitized by Google

ce phénomène *remplace* celui de la durée des impressions, de telle manière que ce dernier se produirait *seul* sur la rétine, lorsqu'elle n'a pas eu le temps de se fatiguer, par exemple, dans les effets du thaumatrope, qui résultent d'une contemplation presque instantanée; tandis que sur la rétine fatiguée, les couleurs accidentelles se produiraient également *seules*, c'est-à-dire sans avoir été précédées de l'autre phénomène?

44. Les expériences de Darwin paraissent appuyer ces conjectures. Elles prouvent, en effet, que la fatigue de l'organe, tout en favorisant le développement des images accidentelles, *nuit* à la manifestation du phénomène de la persistance des impressions primitives, quoique cependant ces expériences soient loin de prouver que ce phénomène cesse complétement de se produire. Darwin, en se plaçant dans des conditions favorables, observait, comme on va le voir, les effets de la durée des impressions *directement*, en fermant les yeux, c'est-à-dire par le même procédé qui lui servait à observer les couleurs accidentelles. « Regardez, » dit-il (1), « pendant trente « secondes *à travers un tube obscur d'un pied et demi* « *de longueur*, un cercle jaune d'un demi-pouce de dia- « mètre posé sur un cercle bleu d'un diamètre double; « en fermant les yeux, les couleurs du spectre paraîtront « ressembler aux deux cercles de la fig. 3; » c'est-à-dire aux deux cercles employés; « *mais si les yeux y restent* « *fixés trop long-temps*, les couleurs du spectre seront « inversés de celles qui sont sur le papier, c'est-à-dire

(1) Voyez le Mémoire cité, page 410 de la traduction de M. Kluyskens.

Digitized by Google

« que le cercle interne sera bleu ; et l'extérieur jaune, « ainsi cette expérience exige quelque attention (1).

« Regardez fixement à une fenêtre par un jour sombre, puis fermez les yeux et *couvrez-les avec la main*, « vous aurez pendant quelque temps dans les yeux une « image exacte de la fenêtre ; mais il faut que cette expérience soit souvent pratiquée pour qu'elle réussisse bien ; car *si les yeux sont fatigués d'avoir regardé la fenêtre trop long-temps*, ou si le jour est « trop clair, les parties lumineuses de la fenêtre paraîtront obscures dans le spectre, et les parties obscures « des châssis paraîtront lumineuses (2). »

45. Pour répondre à ces objections, je remarquerai d'abord que la différence dans l'action qu'exercent sur la rétine les deux modes d'expérience en question (§ 43), n'est réellement qu'apparente. En effet, l'objet qui tourne rapidement n'agit à la vérité sur l'œil, dans chacun de ses passages, que pendant un temps très court ; mais l'effet se reproduit sans cesse et à des intervalles extrêmement rapprochés ; ces impulsions successives répétées pendant assez long-temps, ne peuvent donc manquer de fatiguer l'organe, et d'y produire des effets analogues à ceux qui résulteraient de la contemplation prolongée d'un objet immobile. C'est, comme on va le

(1) Dans le cours de son Mémoire, Darwin cite quelquefois le jaune comme couleur accidentelle du bleu, et réciproquement. Voyez pages 423, 428, etc., de la traduction de M. Kluyskens. Il faut donc entendre par le résultat ci-dessus, qu'à la suite d'une contemplation trop prolongée, au lieu de voir la continuation de l'impression primitive, on voit l'image accidentelle.

(2) Voyez le Mémoire cité, page 411.

Digitized by Google

voir, ce dont on peut aisément se convaincre, et l'expérience prouve en même temps, que lorsque l'œil a été amené de cette manière à un degré de fatigue qui le dispose à la production d'images accidentelles bien prononcées, il ne cesse pas de manifester le phénomène de la persistance des impressions primitives.

46. Divisez un cercle de carton, d'environ 15 centimètres de diamètre, en une vingtaine de secteurs égaux, alternativement noirs et colorés, noirs et rouges, par exemple ; si vous lui donnez un mouvement de rotation rapide et continu autour de son centre, les secteurs noirs disparaîtront, et il en résultera, comme on peut le prévoir, l'apparence d'une teinte uniforme rouge sombre. Cette apparence est évidemment un résultat de la persistance des impressions ; elle provient de ce que l'impression rouge produite par les secteurs de cette couleur en un point quelconque de la révolution du cercle, subsiste sans altération sensible pendant le petit intervalle de temps qui sépare les passages de deux secteurs rouges successifs, de sorte que l'œil ne peut éprouver, de la part de ce point et par conséquent du cercle entier, qu'une sensation continue et uniforme. Maintenant regardez fixement le centre de ce cercle en mouvement, pendant un temps qui suffirait à un objet immobile de même apparence pour disposer vos yeux à la formation d'une image accidentelle bien intense, vous ne verrez pas l'uniformité de la teinte rouge s'altérer le moins du monde, et cependant, si vous portez subitement vos regards ailleurs sur une surface blanche, ou si vous couvrez vos yeux complétement, vous verrez une belle image circulaire verte. Vous pouvez contempler le cer-

Digitized by Google

cle beaucoup plus long-temps encore, l'image accidentelle que vous obtiendrez ensuite n'en sera que plus intense, et l'uniformité de la teinte rouge n'en aura pas reçu plus d'altération. Or, cette uniformité est, comme nous l'avons vu, un résultat de la persistance des impressions primitives; donc ce dernier phénomène ne cesse pas de se produire dans l'œil fatigué et parfaitement disposé à la manifestation des images accidentelles; donc enfin on ne peut se refuser à admettre que les images accidentelles sont précédées de la continuation des impressions primitives. On conçoit maintenant que les expériences de Darwin ne prouvent autre chose, sinon que la fatigue de l'organe causée par une contemplation prolongée, exerce sur le phénomène de la persistance des impressions une action telle, qu'il en raccourcit la durée, au point que le phénomène peut ne plus être saisissable par l'observation directe.

47. Veut-on enfin, pour rendre complète l'évidence de la succession des deux phénomènes, des expériences directes dans lesquelles cette succession se montre à l'œil? « Si, pendant un temps plus ou moins prolongé, » dit M. Gergonne dans le mémoire que nous avons déjà cité (1), « on regarde fixement le soleil, ce qui ne peut « se faire impunément qu'un peu après son lever ou « avant son coucher, en portant ensuite subitement ses « regards sur d'autres objets, on croira y voir tantôt « une tache brillante et tantôt une tache noire, d'une « grandeur égale à la grandeur apparente du disque

(1) Page 299.

Digitized by Google

« solaire. La tache noire, *qui communément paraît la* « *dernière*, est très facile à expliquer; » M. Gergonne l'explique par l'insensibilité de la rétine ; « .....et quant « à l'apparence lumineuse *qui précède*, elle tient à ce « que l'impression que l'œil a reçue des rayons solaires, « à raison de son extrême vivacité, survit plus ou moins « long-temps à l'action de ces mêmes rayons. » L'expérience suivante, rapportée par sir D. Brewster (1), nous montre l'effet en question d'une manière plus frappante : « Si nous dirigeons nos regards sur une fenêtre située « à une certaine distance, et que nous portions alors « promptement les yeux sur la muraille, nous verrons « l'image de la fenêtre distinctement, mais momenta- « nément, avec des *carreaux lumineux* et des *châssis* « *obscurs;* mais après un espace de temps d'une peti- « tesse incalculable, à cette image *succédera* le spectre « de la fenêtre, consistant en *carreaux noirs*, et en « *châssis blancs*. » J'ai répété fréquemment cette expérience avec un plein succès; de plus, chez moi l'image directe de la fenêtre, loin d'être si fugitive, subsiste pendant un temps très appréciable ; de sorte que j'ai pu me convaincre, par l'expérience, de ce que j'ai avancé plus haut (§ 46), relativement à l'effet qu'exerce la contemplation prolongée de l'objet, sur la durée de l'image directe. Lorsque je n'avais fait que jeter les yeux sur la fenêtre, l'image directe subsistait, en s'affaiblissant, pendant un temps que je puis évaluer à peu près à trois secondes, et l'image inverse qui la suivait était extrême-

(1) *Letters on natural magic*, page 26.

Digitized by Google

ment faible ; lorsque je contemplais la fenêtre pendant un peu plus long-temps, l'image directe durait moins et était suivie d'une image accidentelle plus prononcée ; une contemplation plus longue encore rendait la persistance de l'image directe encore plus courte, en augmentant l'intensité de l'image inverse, et ce n'était qu'après une contemplation très prolongée, que la durée de l'image directe devenait inappréciable ; mais toujours je pouvais en saisir la trace d'une manière évidente. Pour que ces expériences me réussissent bien, il fallait que la fenêtre fût petite et isolée, de sorte que la muraille qui l'entourait parût très sombre.

48. Ainsi les considérations rationnelles et les preuves expérimentales se réunissent pour établir la vérité de ce second principe, que *l'image accidentelle est toujours précédée de la continuation de l'image primitive* (1).

---

(1) Ce fait est admis par sir D. Brewster, comme je l'ai avancé dans la note du §. 7. Ce physicien explique par là certains phénomènes qui se produisent lorsque la rétine est soumise à des impulsions successives, comme lorsqu'on fait tourner devant l'œil un disque de carton percé vers sa circonférence d'une série d'ouvertures étroites, et qu'on regarde à travers cet appareil, une surface blanche vivement éclairée : alors si la vitesse de rotation du disque est suffisamment grande, on ne voit qu'une teinte uniforme et tranquille ; mais si l'on diminue de plus en plus cette vitesse jusqu'à une certaine limite, il se produit, d'après les observations de sir D. Brewster, des apparences singulières, et entre autres une succession de taches alternativement *violettes* et *jaunes*.

Suivant l'auteur de ces observations, si le temps qui s'écoule entre les passages de deux ouvertures successives est beaucoup moindre que la durée de l'impression qu'elles produisent, on voit, comme je l'ai dit,

Digitized by Google

49. Faisons maintenant un pas de plus ; et tâchons d'établir, en troisième lieu, par des preuves nouvelles, que la sensation accidentelle est, comme l'ont avancé Jurin et Darwin, de nature *opposée* à la sensation primitive correspondante. Cette relation était évidente dans les expériences de Jurin, où il ne s'agissait que de l'opposition entre le blanc et le noir, entre la lumière et l'obscurité. Quant à Darwin, qui étend le principe aux sensations accidentelles *colorées*, il ne s'appuie, comme on l'a vu (§ 27), que sur ce que les couleurs accidentelles sont complémentaires de celles des objets qui les ont fait naître.

50. Observons d'abord que lorsque deux impressions directes sont complémentaires l'une de l'autre, les impressions accidentelles correspondantes ont réciproquement les mêmes couleurs : ainsi le rouge et le vert directs ont pour couleurs accidentelles le vert et le rouge ;

---

une teinte uniforme et tranquille. Si ce temps approche d'être égal à la durée de l'impression, on voit une espèce de tremblement qui atteint son maximum lorsque cette égalité a lieu. Si l'on diminue encore la vitesse de manière que l'intervalle entre les passages de deux ouvertures successives soit plus grand que la durée de l'impression, *la couleur accidentelle commence à se montrer* ; et si cet intervalle augmente encore de manière qu'il soit égal à *la durée de l'impression plus la moitié de celle de la couleur accidentelle*, cette dernière sera à peu près à son maximum, et *on la verra succéder à l'impression directe*. De là les taches alternativement violettes et jaunes, dont les premières appartiennent, selon sir D. Brewster, à l'impression primitive, et les secondes à l'impression accidentelle. Quant à la cause à laquelle ce physicien attribue cette couleur violette de l'impression primitive ; elle est étrangère à l'objet de cette note. Voyez le *Philosoph. Magaz.*, avril 1834, page 244.

Digitized by Google

le jaune et le violet directs ont pour couleurs accidentelles le violet et le jaune, etc. La raison de cela est trop évidente pour que je m'y arrête. Maintenant si je combine deux couleurs directes complémentaires, le résultat est, comme on sait, du blanc ; mais qu'arrivera-t-il si je combine les deux couleurs accidentelles qui leur correspondent ? Si ces impressions sont de nature *opposée* aux premières, n'est-il pas bien probable que leur combinaison donnera un résultat opposé à celui de la combinaison des deux couleurs directes ? Or, c'est là effectivement ce qui a lieu : les deux couleurs directes produisent du *blanc*, les deux couleurs accidentelles produisent du *noir*.

51. En effet, le procédé suivant, imaginé par Scherffer (1), permet de combiner aisément deux impressions accidentelles. Placez l'un à côté de l'autre, sur un fond noir, deux carrés de papier égaux entre eux, et peints des deux couleurs réelles correspondantes aux couleurs accidentelles que vous voulez combiner : ainsi, pour combiner le jaune et le bleu accidentels, les carrés devront être l'un violet et l'autre orangé ; pour la combinaison du bleu et du rouge accidentels, les carrés seront l'un orangé et l'autre vert, etc. Regardez alors pendant quelques instans le milieu de l'un des carrés, puis regardez de même le milieu de l'autre ; revenez ensuite au premier, puis au second, et ainsi de suite, pendant un temps suffisant ; enfin jetez les yeux sur une surface blanche, vous y verrez, comme on peut le prévoir, trois

(1) Voyez le Mémoire cité, § 24.

Digitized by Google

carrés juxtaposés, les deux extrêmes ayant les couleurs accidentelles correspondantes aux deux couleurs réelles employées, et celui du milieu présentant la combinaison de ces mêmes couleurs accidentelles. On conçoit en effet que, l'œil se portant alternativement sur l'un et l'autre carré, les deux images accidentelles qui en résultent, doivent se superposer sur la rétine et combiner leurs effets ; et qu'il doit se former en même temps deux images latérales accessoires, dues à ce que tandis qu'on regarde l'un quelconque des carrés, on voit l'autre indirectement à côté.

Scherffer a trouvé, par ce procédé, que les couleurs accidentelles se mêlent à la manière des réelles, c'est-à-dire que le bleu et le jaune accidentels donneront du vert, etc. Maintenant rien de plus aisé que de soumettre à l'expérience deux couleurs accidentelles correspondantes à deux couleurs réelles complémentaires ; c'est ce qu'a fait aussi Scherffer, et voici ce qu'il en dit : « Enfin « la figure apparente d'un carré rouge et d'un vert se « trouva verte et rouge, *sans que je pusse distinguer* « AU MILIEU *autre chose qu'une* OMBRE OBSCURE *de même* « *grandeur que les carrés.* »

52. Le résultat de l'expérience ainsi faite peut encore s'expliquer aisément dans la théorie de l'insensibilité, quoique Scherffer ne l'ait pas essayé ; mais on peut s'y prendre de manière à rendre cette explication impossible : il suffit, pour cela, de se couvrir les yeux, au lieu de les porter sur une surface blanche. Alors, si l'expérience a été faite avec le soin convenable, on voit très bien les trois carrés, et celui du milieu est complétement *noir*. Toute la figure paraît entourée d'un léger cadre

Digitized by Google

blanchâtre. Comme cette expérience est assez délicate, je décrirai ici avec détail le procédé au moyen duquel je réussissais parfaitement à voir moi-même l'effet en question, et à le faire voir à d'autres personnes. Parmi ces dernières, je citerai M. Quetelet, qui a bien voulu répéter mes expériences. J'étendais sur le plancher un schall noir au milieu duquel je plaçais un carton rectangulaire de 20 centimètres de longueur sur 10 de hauteur, partagés en deux carrés égaux, l'un *rouge* et l'autre *vert*, dont les teintes étaient, aussi exactement que possible, complémentaires l'une de l'autre; le milieu de chaque carré était marqué d'un point noir. Je me plaçais alors le dos tourné aux fenêtres, mais de manière à ne pas jeter d'ombre sur les carrés; puis je portais alternativement les yeux sur les deux points noirs, en demeurant à peu près une seconde sur chacun. Je continuais ainsi pendant environ une minute, puis je me couvrais parfaitement les yeux, et bientôt je voyais apparaître les trois carrés *vert*, NOIR et *rouge*. Il résulte donc bien évidemment de ces expériences, ainsi que je l'ai annoncé, que *tandis que le mélange de deux couleurs réelles complémentaires a pour résultat du* BLANC, *le mélange des deux couleurs accidentelles correspondantes produit l'opposé du blanc, c'est-à-dire produit du* NOIR.

53. De plus, puisque ces deux couleurs accidentelles ont réciproquement les mêmes teintes que les deux couleurs réelles (§ 50), elles sont aussi complémentaires l'une de l'autre, c'est-à-dire qu'elles ont la relation de teintes que doivent avoir deux couleurs réelles, pour produire ensemble du blanc. On peut donc conclure de

Digitized by Google

là, que *tandis que deux couleurs réelles complémentaires quelconques forment ensemble du* BLANC, *deux couleurs accidentelles complémentaires quelconques produisent l'opposé du blanc, c'est-à-dire produisent du* NOIR.

54. Enfin, on sait que le blanc a pour couleur accidentelle le noir : or, de même que le blanc peut être considéré comme composé de jaune, de rouge et de bleu, je dis que le noir accidentel qu'il produit, peut être regardé comme résultant de la combinaison du jaune, du rouge et du bleu accidentels.

En effet, rien ne m'empêche de croire que chacun des élémens du blanc que j'ai contemplé, tend à produire dans mon œil sa propre couleur accidentelle ; de sorte que l'image noire qui succède à cette contemplation, peut être regardée comme résultant de la combinaison des couleurs accidentelles correspondantes au jaune, au rouge et au bleu réels. Mais ces couleurs accidentelles sont le violet, le vert et l'orangé, dont la première se compose de *bleu* et de *rouge*, la seconde de *bleu* et de *jaune*, et la troisième de *jaune* et de *rouge* ; de sorte qu'en les combinant, c'est du jaune, du rouge et du bleu accidentels que l'on combine : donc, puisqu'il en résulte du noir, on peut dire que *tandis que les trois couleurs simples réelles forment du* BLANC, *les trois couleurs simples accidentelles produisent l'opposé du blanc, c'est-à-dire produisent du* NOIR (1).

(1) Si, malgré toutes les probabilités et les expériences directes de sir D. Brewster, on refusait de n'admettre que trois couleurs simples, un raisonnement analogue à celui que je viens de présenter conduirait

Digitized by Google

De ce résultat et de celui du paragraphe précédent, nous déduirons celui-ci : *Dans tous les cas où des couleurs réelles produisent le* BLANC *par leur combinaison, les couleurs accidentelles de mêmes teintes produisent l'opposé du blanc, ou le* NOIR.

55. Ainsi, d'après tout ce qui précède, nous pouvons regarder maintenant comme bien constatée l'existence de ce troisième principe, que : *L'impression accidentelle est de nature opposée à l'impression directe correspondante.* Je vais en résumer ici les preuves.

1° Cette opposition est évidente pour l'impression accidentelle *noire* qui correspond à l'impression directe *blanche.*

2° Quand l'impression accidentelle est *colorée*, sa couleur est complémentaire de celle de l'impression directe correspondante ; c'est-à-dire que ces deux impressions ont entre elles la relation de teintes que devraient avoir deux couleurs réelles pour produire ensemble du blanc. Or, on peut dire qu'il y a *opposition* entre deux semblables couleurs réelles, puisqu'elles sont neutralisées l'une par l'autre dans le blanc qui résulte de la combinaison.

3° Tandis que deux couleurs réelles complémentaires forment ensemble du *blanc*, les deux couleurs accidentelles correspondantes produisent *l'opposé* du blanc, c'est-à-dire produisent du *noir.*

---

aisément à cet autre résultat : *tandis que les couleurs offrant toutes les teintes du spectre solaire forment le* blanc *par leur mélange, les couleurs accidentelles offrant les mêmes teintes, forment l'opposé du blanc, ou le* noir.

Digitized by Google

4° Dans tous les cas où les couleurs réelles produisent le *blanc* par leur combinaison, les couleurs accidentelles de mêmes teintes produisent l'opposé du blanc, ou le *noir*. Ce résultat est une conséquence des précédens.

56. En combinant tous les résultats auxquels nous sommes parvenus jusqu'ici (§ 41, 48, 55), nous pourrons dire que *lorsque la rétine, après avoir été excitée pendant quelque temps par la présence d'un objet coloré, est subitement soustraite à cette excitation, l'impression produite par l'objet continue de subsister pendant un temps généralement très court, après quoi la rétine prend spontanément un état opposé au premier, et d'où résulte la sensation de la couleur accidentelle.*

57. Or, comment ne pas voir là un effet de réaction? N'est-on pas conduit tout naturellement à croire que le phénomène est dû à ce que la rétine, écartée de son état normal par la présence d'un objet coloré, puis abandonnée subitement à elle-même, regagne d'abord rapidement le point de repos; mais, entraînée par son mouvement, dépasse ce point et s'en éloigne en sens inverse?

Les résultats de l'expérience s'accordent donc jusqu'ici, d'une manière bien remarquable, avec la seconde hypothèse du § 5.

Dans cette hypothèse, comme on l'a vu, la rétine ne reprendrait l'état normal que par une suite d'oscillations d'où résulterait la succession alternative de deux impressions opposées, de moins en moins intenses. Or, nous venons de constater la production d'une première oscil-

Digitized by Google

lation. Nous examinerons bientôt si l'accord des faits et de l'hypothèse se maintient jusqu'à l'anéantissement total de l'impression; mais auparavant, il importe de nous arrêter ici sur une conséquence à laquelle ce qui précède conduit immédiatement.

58. Si les couleurs accidentelles sont dues à une réaction de la rétine, il s'ensuit nécessairement que pendant la contemplation de l'objet, la rétine *résistait* à l'action des rayons colorés : car il ne peut y avoir de réaction s'il n'y avait pas de résistance. De plus, les impressions accidentelles étant d'autant plus intenses que la contemplation s'est prolongée davantage, la réaction à laquelle elles sont dues, et la résistance qui détermine cette réaction, suivent la même loi.

Mais si la rétine oppose une résistance progressive à l'action des rayons émanés d'un objet coloré, cette résistance doit évidemment se manifester à nous par un affaiblissement progressif dans l'éclat apparent de l'objet.

Or, tel est effectivement, comme je l'ai montré (§ 34), le résultat d'une contemplation prolongée : la couleur de l'objet paraît perdre peu à peu de son éclat, et devenir plus sombre.

59. Ainsi l'expérience et la théorie sont encore ici parfaitement d'accord, et nous sommes conduits à admettre dans la rétine une propriété nouvelle, propriété que nous pouvons énoncer de la manière suivante :

La rétine oppose à l'action de la lumière une résistance qui croît avec la durée de cette action, et d'où résulte pour nous, lorsque nous regardons un même

Digitized by Google

objet pendant long-temps, l'apparence d'un affaiblissement progressif dans l'éclat de cet objet.

6o. Ce principe est appuyé encore, comme nous allons le voir, par d'autres considérations.

Il est un fait auquel on a généralement accordé peu d'attention, quoiqu'il ait été remarqué (1), c'est que *les impressions directes exigent un certain temps pour se développer sur la rétine.* Pour se convaincre de la réalité de ce fait, qui devait naturellement se prévoir *à priori*, il suffit de se rappeler qu'un objet qui passe très rapidement devant l'œil, ne se voit pas, ou s'aperçoit à peine. On peut encore prouver la chose par l'expérience suivante : Si l'on fait mouvoir circulairement, devant un fond noir, un petit morceau de papier blanc, avec une vitesse telle que l'anneau apparent qui en résulte présente une teinte parfaitement uniforme et tranquille, cet anneau ne paraîtra pas blanc, mais *gris*. Or, il suit de l'uniformité de la teinte, que, pendant le petit intervalle de temps qui sépare deux passages successifs de l'objet au même point, l'impression ne décroît pas d'une quantité sensible : il faut donc nécessairement admettre que cette impression n'est pas blanche, comme celle qui est produite par l'objet en repos ; mais qu'elle est grise, c'est-à-dire d'une blancheur imparfaite, ou enfin qu'à raison du temps extrêmement court que l'objet emploie à passer devant l'œil, il ne produit qu'une impression incomplète. Il est inutile d'ajouter qu'on obtiendra des résultats analogues en employant un objet d'une couleur

(1) Voyez *Essai d'un cours élémentaire et général des sciences physiques*, par M. Beudant. Partie physique, page 489 de la 3e édit.

Digitized by Google

quelconque : toujours l'anneau paraîtra plus sombre que l'objet en repos.

L'éclat de l'anneau sera d'ailleurs d'autant moins éloigné de celui de l'objet en repos, ou, en d'autres termes, l'impression approchera d'autant plus d'être complète, que cet objet aura plus de largeur, et que par suite il emploiera, dans son mouvement, un temps moins court à passer devant l'œil : ainsi l'expérience que nous venons de décrire, conduit de plus à cette conséquence facile à prévoir, que *le développement de l'impression directe est progressif, quoique très rapide.*

Maintenant puisqu'il est prouvé, d'une part, que l'impression directe se développe sur la rétine d'une manière progressive quoique rapide, et, d'une autre part, que cette impression s'affaiblit graduellement par une contemplation prolongée de l'objet qui la produit (§ 34), il en résulte évidemment que *l'impression directe présente un maximum d'intensité, placé entre une période d'accroissement trop courte pour pouvoir être aperçue, et une période de décroissement lente et que l'on peut aisément observer.*

Or ce résultat, auquel l'expérience seule nous a conduits, appuie, d'une manière bien remarquable, le principe de la résistance progressive opposée par la rétine à l'action de la lumière (§ 59) : car ce principe donne l'explication la plus simple du résultat dont il s'agit.

En effet, la résistance opposée par la rétine croissant avec la durée de l'action de la lumière, cette résistance sera d'abord faible, l'action des rayons lumineux l'emportera, et l'impression croîtra en intensité; mais, en vertu de l'augmentation progressive de la résistance, les

Digitized by Google

accroissemens dans l'intensité de l'impression seront de plus en plus petits, et cette intensité atteindra bientôt un *maximum*, après lequel, la résistance continuant d'augmenter, l'intensité de l'impression commencera à diminuer, et alors arrivera la période de décroissement.

61. Enfin le principe de la résistance progressive de la rétine conduit à la conséquence suivante : la réaction qui donne naissance aux couleurs accidentelles étant d'autant plus intense que la résistance était plus forte, cette réaction doit être aussi d'autant plus rapide : d'où il suit que la rétine subitement soustraite à l'action des rayons colorés, doit atteindre l'état opposé, qui nous donne la sensation accidentelle, d'autant plus tôt que la contemplation s'est prolongée davantage. Or, nous avons montré (§ 47) que les choses se passaient effectivement de cette manière, c'est-à-dire que la persistance de l'impression primitive est d'autant plus courte que la contemplation s'est prolongée davantage. Ainsi ce fait, qui s'explique maintenant d'une manière toute naturelle, vient encore servir de confirmation au principe dont il s'agit, et par conséquent à notre théorie.

62. Sir D. Brewster termine l'article du *Philosophical Magazine* cité dans la note du § 33, en disant que les résultats contenus dans cet article, sont évidemment incompatibles avec la théorie que j'ai publiée (1). Je ne

(1) Des résumés de ma théorie ont été publiés dans le *Bulletin* n° 7 de l'Académie de Bruxelles et dans les *Annales de Chimie et de Physique*, numéro d'août 1833. Ces résumés, par leur nature même, n'ont pu donner à sir D. Brewster qu'une idée nécessairement très imparfaite de ma théorie.

Digitized by Google

reviendrai pas ici sur les objections que j'ai présentées (§ 34—38) contre ces résultats ; mais je crois nécessaire de dire quelques mots des rapports existans entre les faits cités (§ 33) et ma propre théorie.

Le premier de ces faits, c'est-à-dire l'addition apparente d'un peu de blanc à la couleur de l'objet par une contemplation prolongée, serait incompatible avec ma théorie, si l'on devait admettre d'une manière absolue, un effet que sir D. Brewster a observé sans doute en plaçant l'objet sur un fond blanc ; mais nous avons vu qu'il y avait là une cause d'illusion, et que si l'on isole l'objet coloré de toute influence étrangère, de manière à observer l'altération réelle que subit l'impression, l'effet est entièrement différent (§ 34), et devient alors, au contraire, un des appuis de ma théorie (§ 58—61). Quant à l'effet produit par un fond blanc, comme il s'agit, dans ce cas, de couleurs juxtaposées, il trouvera sa place dans la seconde section de ce mémoire.

Le second fait, c'est-à-dire l'expérience du cachet de cire rouge, rentre encore parfaitement dans ma théorie, puisqu'il s'agit d'une image accidentelle qui se montre lorsque la rétine est soustraite à l'excitation des rayons qui produisaient l'impression primitive.

Quant au troisième fait, c'est-à-dire à la production de couleurs accidentelles hors de la surface de l'objet colorée, pendant que la lumière émanée de cet objet agit sur la rétine, ce fait appartient à la seconde section de ce mémoire. Or on verra alors qu'il forme l'une des bases de la partie de ma théorie qui s'applique aux phénomènes dont se compose cette seconde section.

63. Mais on pourrait faire à ma théorie une autre

Digitized by Google

objection, à laquelle je vais répondre. On pourrait me demander comment il se fait que le *noir* produit aussi son impression accidentelle. Comment une absence de sensation peut-elle déterminer ensuite dans la rétine, lorsqu'on exclut toute lumière extérieure en se couvrant parfaitement les yeux, la production d'une sensation de blancheur? La réponse est facile, quoiqu'elle exige quelques développemens. Je dis d'abord que le noir ne produit pas par lui-même d'impression accidentelle, impression qui serait un effet sans cause; c'est ce dont on pourra se convaincre, en réfléchissant que si l'on tenait pendant long-temps les yeux ouverts dans un endroit complétement privé de lumière, complétement noir par conséquent, et qu'on les fermât, sans sortir de cet endroit, il est de toute évidence qu'on ne percevrait aucune sensation nouvelle. Il en serait évidemment de même si l'on se couvrait les yeux, après les avoir fixés pendant long-temps sur une surface noire d'une étendue assez considérable pour que l'on ne pût en voir les bords. Il faut donc que l'impression accidentelle que semble produire un objet noir, dans les circonstances ordinaires, soit due à une cause étrangère, et cette cause ne peut être que la couleur du fond sur lequel l'objet se détache. En effet, l'expérience prouve que l'image qui suit la contemplation d'un objet noir n'est réellement d'une couleur opposée, c'est-à-dire blanche, que lorsque le fond sur lequel se détachait l'objet, était blanc lui-même (1);

(1) C'est toujours de cette manière que les physiciens ont procédé pour voir l'image accidentelle qui suit la contemplation d'un objet noir ; toujours ils plaçaient l'objet sur un fond blanc.

Digitized by Google

dans tous les autres cas l'image est colorée, et sa couleur est toujours celle du fond. Regardez pendant quelque temps un objet noir sur un fond rouge, par exemple, puis couvrez-vous les yeux parfaitement; vous verrez bientôt un fond vert sur lequel se détachera, non une image blanche, mais une image rouge; si l'objet noir était posé sur un fond bleu, vous verriez une image bleue sur un fond orangé, etc. Le phénomène qui se produit dans ce cas, est dû à la juxtaposition de l'objet et du fond, et je renvoie, pour de plus amples développemens et pour l'explication de la cause qui le fait naître, à la seconde section de ce mémoire. Il me suffit ici d'avoir prévenu une objection qui semble d'abord capitale.

64. Dans ce qui va suivre, et dans la seconde section de ce mémoire, afin d'avoir une manière commode et plus juste de désigner les deux espèces d'impressions, j'emploierai, au lieu de la dénomination des couleurs ou impressions accidentelles, celle de *couleurs* ou *impressions négatives;* et par suite, au lieu de couleurs réelles ou impressions directes, je dirai, *couleurs* ou *impressions positives*. En effet, les couleurs accidentelles se produisant sans la participation directe de la lumière, n'est-il pas assez juste de dire que nous les appercevons par une *vision négative* (1)? Les épithètes de négatives et positives indiquent, de plus, l'opposition existante entre les impressions accidentelles, et les impressions directes correspondantes.

---

(1) De Godart avait déjà employé les termes de vision *positive* et *négative*, mais dans un autre sens. Voyez le *Journal de Physique*, volume VII, page 511, année 1776.

Digitized by Google

65. Essayons maintenant de faire un dernier pas, et de prouver qu'après la première oscillation, dont nous avons constaté l'existence (§ 56 et 57), l'impression ne s'évanouit qu'en passant par de nouvelles oscillations plus ou moins régulières. Ici la chose devient plus difficile : en effet, il ne s'est agi jusqu'à présent que de phénomènes qui, pour la plupart, pouvaient être aisément observés par tout le monde : chacun réussira à constater, au moyen d'un charbon embrasé, les effets de la persistance des impressions positives, et il est très rare de rencontrer des personnes qui ne puissent apercevoir, d'une manière plus ou moins prononcée, les impressions négatives dans leur première période, c'est-à-dire lorsqu'elles ont le plus d'intensité (1); mais il faut de l'habitude et une certaine sensibilité des yeux pour voir distinctement, et bien observer ce qui se passe ensuite. D'un autre côté, ces phénomènes d'oscillation sont extrêmement variables en raison des circonstances dans lesquelles se fait l'expérience. Tantôt, en effet, l'impression négative semble se borner à disparaître et à reparaître alternativement, en devenant de plus en plus faible, sans repasser au positif; tantôt il y a réellement excursions du négatif au positif, et *vice versâ*; tantôt les oscillations sont lentes et se réduisent à un petit nombre, tantôt elles sont plus

(1) On trouve dans le *Journal de Physique*, tome XXX, page 407, année 1787, une notice d'un anonyme qui déclare n'avoir pu, malgré tous ses efforts, observer les couleurs accidentelles. Pour lui, l'image qui succédait à la contemplation d'un carré rouge sur un fond blanc, lorsqu'il portait les yeux en un autre endroit de ce fond, était d'un blanc brillant, et avait une forme circulaire.

Digitized by Google

rapides et plus nombreuses, etc. Dans un sujet aussi délicat, je tâcherai, autant que possible, de m'appuyer de faits observés par les autres physiciens qui ont écrit sur les couleurs accidentelles, et dont on ne peut croire que les observations aient été influencées par le désir de découvrir ces mouvemens oscillatoires, puisque leurs théories, excepté peut-être celle de Darwin, ne les conduisaient pas à en soupçonner *à priori* l'existence.

66. Afin d'avoir un moyen commode de représenter, dans les différens cas, ces effets d'oscillations, je les figurerai par des courbes ayant pour abscisses le temps compté à partir de l'instant où l'œil cesse de regarder l'objet coloré, et pour ordonnées, les intensités successives de l'impression, les ordonnées positives et négatives correspondant aux phases positives et négatives de cette impression. C'est, du reste, ce que l'on comprendra mieux par les exemples qui vont suivre.

67. Scherffer est le premier qui ait observé des effets de ce genre : il remarque que lorsqu'on jette l'œil sur une surface blanche, pour voir les couleurs accidentelles, « *elles disparaissent ordinairement pour reparaître de* « *nouveau à plusieurs reprises, quoiqu'en diminuant* « *toujours de force et d'éclat, jusqu'à ce qu'on ne voie* « *plus qu'une ombre* (1). »

« Lorsque l'on contemple, dit Darwin (2), un de ces « spectres inverses dans l'œil fermé et couvert, *il dis-* « *paraît et reparaît plusieurs fois de suite, et enfin il* « *s'évanouit entièrement.* »

---

(1) Voyez son Mémoire, § 21.

(2) Voyez son Mémoire, page 416 de la traduction de Kluyskens.

Digitized by Google

J'ai observé les mêmes effets, et j'ajouterai à ce que disent Scherffer et Darwin, que ces disparitions et réapparitions ne se font pas brusquement; mais qu'elles sont graduelles, comme on doit le supposer *à priori*.

Cela étant, puisque, dans les observations ci-dessus, l'impression une fois devenue négative ne reprend plus l'état positif, ses fluctuations seront évidemment figurées par une courbe d'une forme analogue à la fig. 1, dans laquelle l'ordonnée positive *ab* représente l'intensité de l'impression positive à l'instant où l'œil cesse de contempler l'objet coloré, et les ordonnées négatives *cd*, *fg*, *hk*, etc., représentent les *maxima* d'intensité de l'impression négative dans ses phases successives; tandis que le point *m* désigne l'instant du passage de l'impression du positif au négatif, et les points *n*, *p*, *q*, etc., les instans de disparition de l'impression négative.

68. Voici maintenant une expérience dans laquelle l'impression repasse du négatif au positif: elle est rapportée par Rozier, le rédacteur du *Journal de Physique* (1).

« Supposons, dit-il, un appartement quelconque, « ou privé de la lumière du soleil, ou du moins dans le « moment dont on pourrait dire qu'il ne fait ni jour « ni nuit (l'expérience réussit mieux dans le premier « cas). Supposons dans cet appartement un chandelier « garni de sa bougie allumée; la lumière d'une chan- « delle ou d'une lampe produisant le même effet. Placez « ce chandelier à vos pieds, et sur le carreau, regardez « perpendiculairement cette lumière de manière que vos « yeux la fixent sans interruption pendant quelques

(1) *Journal de Physique*, tome VI, page 486, année 1775.

Digitized by Google

« instans. Aussitôt après, placez un éteignoir sur cette « lumière, levez les yeux contre le mur de l'apparte- « ment, fixez vos regards vers le même point sans cli- « gner l'œil ; vous ne verrez qu'obscurité dans le com- « mencement de cette opération, puis, vers le point « que vous fixez, *paraîtra une obscurité beaucoup plus « grande que celle du reste de l'appartement.* Conti- « nuez à fixer sans vous lasser; peu à peu dans le mi- « lieu de cette obscurité se manifestera une couleur « rougeâtre ; *elle s'animera insensiblement, sa viva- « cité augmentera, enfin elle acquerra la couleur de « la flamme.* »

Ainsi, dans cette expérience, l'image négative obscure, c'est-à-dire opposée à l'impression brillante de la flamme, s'est changée graduellement en une nouvelle image ayant la couleur de cette flamme, c'est-à-dire en une image positive : il y a donc eu deux oscillations réelles (1), et la courbe qui les représenterait serait analogue à la fig. 2, dans laquelle *ab* désigne encore l'intensité de l'impression positive à l'instant où l'objet cesse d'agir sur la rétine.

69. L'expérience suivante, qui m'est propre et que j'ai répétée plusieurs fois avec le même résultat, montre encore la production de deux oscillations réelles : je me plaçais dans une chambre obscure, vis-à-vis d'une ouverture pratiquée au volet, et fermée avec un carreau de verre rouge d'environ 20 centimètres de longueur et

(1) Je nomme oscillations réelles celles dans lesquelles il y a excursion des deux côtés du point de repos ; ou, en d'autres termes, dans lesquelles l'impression passe du positif au négatif ou réciproquement.

Digitized by Google

15 de hauteur; puis, après m'être tenu les yeux fermés et couverts pendant quelque temps, je les découvrais subitement, et je regardais le verre rouge pendant l'instant le plus court possible, après quoi je me couvrais de nouveau les yeux. Alors se montrait une image verte bien distincte, mais qui ne durait qu'un instant à peine perceptible, et faisait place à une nouvelle image rouge, faible, pâle, et qui s'affaiblissait lentement jusqu'à s'anéantir.

70. Enfin je citerai une dernière expérience dans laquelle j'ai vu se produire jusqu'à neuf oscillations réelles, c'est-à-dire cinq passages du positif au négatif, et quatre du négatif au positif. L'un de mes yeux étant fermé et couvert, j'adaptais à l'autre un tube noirci, d'environ 50 centimètres de longueur et 3 de diamètre, et je regardais fixement, pendant une minute au moins, à travers ce tube, un papier rouge bien éclairé et d'une étendue suffisante pour que les bords n'en fussent pas aperçus; puis, sans découvrir l'œil fermé, j'enlevais subitement le tube et je regardais le plafond blanc de l'appartement. Alors je voyais d'abord se former une image circulaire verte; mais bientôt elle était remplacée par une image rouge d'une faible intensité et d'une très courte durée, après quoi reparaissait l'image verte, à laquelle succédait de nouveau une image rougeâtre, et ainsi de suite, ces images successives allant toujours en s'affaiblissant, et le rouge ayant toujours moins d'intensité et de durée que le vert. Je voyais encore cette succession de couleurs, mais d'une manière un peu moins distincte, en fermant l'œil sans retirer le tube. Ces effets ont été également constatés par M. Quetelet, qui a eu l'obligeance

Digitized by Google

de répéter cette observation. La courbe qui les représente serait analogue à la fig. 3, dans laquelle les points *d*, *g*, *k*, *l*, etc., désignent les *maxima* successifs de l'impression dans ses phases négatives, et les points *s*, *t*, *u*, *v*, etc., les *maxima* des phases positives.

71. Ce qui précède suffit, je pense, pour établir, d'une manière incontestable, l'existence des mouvemens oscillatoires dans l'impression qui s'efface.

72. Nous pouvons résumer tous les résultats auxquels nous sommes parvenus jusqu'à présent, dans l'énoncé général qui suit :

Lorsque la rétine est soumise à l'action des rayons d'une couleur quelconque, elle résiste à cette action et tend à regagner l'état normal, avec une force de plus en plus intense. Alors, si elle est subitement soustraite à la cause excitante, elle revient à l'état normal par un mouvement oscillatoire d'autant plus intense que l'action s'est prolongée davantage, mouvement en vertu duquel l'impression passe d'abord de l'état positif à l'état négatif, puis continue généralement à osciller d'une manière plus ou moins régulière, en s'affaiblissant; tantôt se bornant à disparaître et à reparaître alternativement, tantôt passant successivement du négatif au positif, et vice versa.

L'intervalle qui s'écoule entre l'instant où la rétine est soustraite à l'action de l'objet coloré, et celui où l'impression commence à prendre l'état négatif, constitue ce que l'on entend par la PERSISTANCE DES IMPRESSIONS DE LA RÉTINE; *et les phases négatives de l'impression constituent le phénomène des* COULEURS ACCIDENTELLES.

Digitized by Google

73. On voit maintenant combien est remarquable l'accord des résultats de l'expérience avec la seconde hypothèse du § 5. Si les oscillations de l'impression qui s'efface sont généralement incomplètes ou irrégulières, il faut l'attribuer à des causes que l'état actuel de cette partie de la science de la vision ne permet pas encore d'apprécier.

74. Telle est la théorie que je propose pour rendre raison des phénomènes qui *succèdent à la contemplation des objets*. On a pu voir, par tout ce qui précède, qu'elle est fondée à la fois sur l'analogie, sur les résultats des expériences antérieures et des miennes, et sur l'examen des théories publiées jusqu'ici.

75. Maintenant, si l'on admet cette théorie, l'analogie doit nécessairement conduire à attribuer des propriétés semblables aux autres sens : on doit être porté à croire qu'en général lorsqu'un organe écarté de son état normal est subitement soustrait à la cause excitante, il revient à l'état normal par un mouvement oscillatoire d'où résulte la production d'impressions négatives. Les phénomènes qui succèdent, dans les organes autres que celui de la vue, à la disparition des causes excitantes, ont été bien peu étudiés jusqu'à présent; cependant on peut réunir plusieurs probabilités, indépendamment de celle qui résulte de l'analogie, en faveur de l'existence, au moins, d'une première oscillation. En effet :

1° Il est bien constaté que d'autres organes présentent, comme celui de la vue, le phénomène de la persistance des impressions. Un son, par exemple, n'est, comme on sait, qu'une suite de petits bruits isolés que nous ne distinguons pas l'un de l'autre, parce que la sensation

Digitized by Google

qui en résulte persiste, sans perte sensible, pendant l'intervalle qui sépare deux de ces petits bruits successifs. Darwin rappelle (1) que lorsqu'un corps dur est pressé pendant quelque temps contre la paume de la main, et retiré ensuite, comme on le pratique dans les tours d'adresse, il semble, pendant plusieurs secondes, que ce corps soit encore présent. Le même physicien remarque aussi que certaines saveurs, comme celle de la fumée de tabac, ou celle de la racine de gentiane, persistent sur l'organe du goût long-temps après que les parties sapides ont été enlevées.

2° On peut également citer des cas où il se produit, dans des organes autres que celui de la vue, des sensations opposées : ainsi, comme le remarque Jurin (§ 9), lorsqu'on sort d'un bain froid, on éprouve bientôt une sensation de chaleur très prononcée, et il n'est personne qui n'ait ressenti un effet semblable après s'être frotté les mains avec de la neige. J'ai réussi, par l'expérience suivante, à manifester la production de sensations opposées dans l'organe du tact. Après m'être tenu, pendant quatre ou cinq minutes, les extrémités de deux doigts posées contre le bord d'une table, de manière à leur donner pendant tout ce temps la sensation d'un *objet saillant*, je les transportai sur la partie plane de la table, en appuyant un peu, et j'éprouvai alors absolument la même sensation que si la table eût présenté un *creux* en cet endroit : c'était donc une sensation *opposée*, et l'illusion était parfaite. Je produisis l'effet contraire, en appuyant le doigt sur une fente, ou mieux sur un trou

(1) Voyez le Mémoire déjà cité, page 412.

Digitized by Google

circulaire de cinq ou six millimètres de diamètre, percé dans une planche, et en transportant ensuite ce même doigt à côté, sur la surface plane qui me parut alors présenter une *saillie*. Plusieurs personnes ont répété ces expériences avec le même succès. Enfin, ne pourrait-on pas regarder comme des sensations négatives de l'organe du goût, ces saveurs que certaines substances laissent après elles, et que l'on nomme leur *arrière-goût* ?

76. Peut-être ne serait-ce pas sans probabilité que l'on étendrait le principe des mouvemens oscillatoires à des phénomènes d'un ordre plus élevé, c'est-à-dire à des faits purement moraux. Qui ne sait, par exemple, que souvent des jouissances vives sont suivies d'un sentiment de tristesse ? Cette tristesse se dissipe ensuite peu à peu, pour faire place à des souvenirs agréables qui eux-mêmes finissent enfin par s'effacer. Ne sont-ce pas là des oscillations décroissantes du plaisir à la peine, de celle-ci au plaisir, et du plaisir à l'état normal ? Que la cause qui produisait en nous une douleur morale vienne subitement à cesser, nous ne serons pas simplement ramenés à l'état où nous nous trouverions si cette cause n'avait pas existé ; mais nous éprouverons un sentiment de plaisir, qui pourra lui-même parfois être suivi de quelque mélancolie. C'est-à-dire qu'il y aura, dans ce cas, oscillations décroissantes de la peine au plaisir, de celui-ci à la peine, et de la peine à l'état normal. Du principe des oscillations découlerait encore l'explication des effets du contraste moral, qui agit si puissamment sur nous : car si la cause extérieure qui produisait un effet moral vient à être remplacée par une cause extérieure *opposée*, le

Digitized by Google

sentiment positif déterminé par cette dernière, et le *sentiment négatif* qui, d'après le principe en question, succède à la première, doivent, en se combinant, ajouter leurs effets. C'est ainsi qu'après avoir regardé pendant long-temps un objet vert, si on porte les yeux sur un objet rouge, la couleur de celui-ci acquerra une vivacité remarquable, due à ce que l'impression rouge négative qui succède à la contemplation du vert, s'ajoute à l'impression rouge positive produite par le second objet. Je ne fais du reste qu'indiquer ici ces idées qui m'écartent trop de mon sujet; mais je les mets en avant avec d'autant plus de confiance, que je puis m'appuyer en leur faveur de l'autorité de M. Quetelet qui, dans ses recherches *sur la possibilité de mesurer l'influence des causes qui modifient les élémens sociaux*, est arrivé, en partant de données bien différentes, à des conclusions analogues (1).

77. Ici se termine la partie de mon mémoire relative aux phénomènes qui *succèdent à la contemplation des objets*. Nous allons voir maintenant ceux qui *accompagnent la contemplation des objets* venir se rattacher à un principe aussi simple que celui que nous avons essayé d'établir dans ce qui précède. Ce second principe est *pour l'espace* ce que le premier est *pour le temps*, de sorte que leur analogie mutuelle ajoute encore à leur probabilité.

(*Fin de la première section.*)

---

(1) Voyez la *Correspondance de l'observatoire de Bruxelles*, tome VII, pages 333 et suivantes.

Digitized by Google

Recherches sur les Modifications qu'éprouve l'Atmosphère par le Contact de certains végétaux dépourvus de parties vertes;

Par M. F. Marcet.

Il y a déjà assez long-temps que grâce aux travaux de plusieurs physiologistes, et en particulier à ceux de notre compatriote M. Théodore de Saussure, l'on connaît dans tous ses détails le mode d'action de l'atmosphère dans la nutrition des végétaux à parties vertes. On sait que cette action se compose de plusieurs opérations distinctes, dont les unes tendent à vicier l'atmosphère, soit en lui enlevant son oxigène, soit par la formation de gaz acide carbonique, tandis que les autres tendent au contraire à la purifier par l'exhalaison d'une quantité notable de gaz oxigène. La théorie, appuyée par l'expérience, tend à démontrer que le second de ces deux effets l'emporte sur le premier, et que les végétaux vivans tendent constamment à augmenter la quantité de l'oxigène de l'atmosphère. Ils fournissent ainsi une espèce de compensation à l'absorption continuelle d'oxigène, qui provient soit de la combustion, soit de la respiration des animaux.

Il existe parmi les végétaux une classe assez nombreuse de plantes cellulaires, complétement dépourvues de parties vertes, et dont le mode de nutrition paraît être fort différent de celui des autres plantes. Les champignons forment la partie la plus importante de cette série

Digitized by Google

de végétaux. Tout porte à croire que ces plantes ne sont pas douées comme les plantes vertes de la propriété de décomposer le gaz acide carbonique à la lumière, puisque plusieurs d'entre elles peuvent vivre dans une obscurité presque complète; mais par quel procédé elles s'assimilent le carbone qu'elles renferment, comment enfin s'opère en général chez ces végétaux le jeu de la nutrition, c'est sur quoi l'on est encore dans un état d'ignorance à peu près complète. C'est sous ce rapport que quelques expériences relatives à l'action des champignons sur l'atmosphère pendant leur végétation, m'ont paru devoir être de nature à jeter quelque jour sur le mode de nutrition de ces singuliers végétaux.

J'ai eu déjà l'occasion, en 1827, d'étudier l'action sur l'eau de champignons placés dans ce liquide. Les résultats auxquels je suis parvenu, qui se trouvent coïncider en grande partie avec des expériences faites à la même époque, et communiquées à cette société par M. Th. de Saussure, mais que ce savant n'a point publiées, ont été consignés dans le volume XL des *Annales de chimie*. Ils tendent à démontrer que des champignons placés sous l'eau dégagent dans tous les cas un gaz composé d'hydrogène et d'azote, dont les proportions varient suivant l'espèce examinée. Quelques personnes ont paru croire que ce dégagement de gaz était dû à un commencement de décomposition du végétal. Mais le fait que celui de tous les champignons que j'ai trouvé en dégager le plus (le *sphæria digitata*) est d'une nature éminemment coriace, et par conséquent très peu sujet à la décomposition, surtout au bout de quelques heures, m'a paru de nature à écarter cette objection. La différence

Digitized by Google

d'ailleurs dans la quantité de gaz dégagé, suivant le degré de lumière auquel les champignons étaient exposés, m'a paru être un nouveau motif pour attribuer le dégagement d'hydrogène et d'azote à un effet vital, et non à la décomposition du végétal.

Ce n'est que cet été que je me suis occupé de la suite de ce travail, dont la première partie a été communiquée à la société il y a environ sept ans. J'espérais toujours que l'examen de ce sujet aurait été repris par le savant collègue auquel j'ai déjà fait allusion, et qui certainement serait arrivé à des résultats beaucoup plus précis et beaucoup plus satisfaisans que ceux auxquels je suis parvenu. Cependant un intervalle de sept ans m'ayant donné lieu de croire qu'il ne comptait plus s'en occuper, j'ai cru devoir ne plus différer à reprendre la suite de mon travail. Il m'a paru convenable d'entrer dans cette explication, dans le but de rappeler à la société que M. de Saussure s'était déjà occupé en même temps que moi de ce sujet, et que parmi les expériences dont je vais rendre compte, il ne serait point impossible qu'il s'en trouvât qui eussent été déjà faites par ce savant, mais dont le souvenir m'eût échappé depuis l'intervalle de sept ans que son mémoire inédit sur ce sujet a été lu en présence de la société.

Désirant connaître, si cela se pouvait, par une expérience directe, et sans sortir le champignon de son état normal, quelles étaient les modifications qu'il pouvait faire subir à l'atmosphère pendant la période de sa croissance, j'ai dû chercher d'abord à soumettre le végétal à l'observation sans le sortir du sol. Dans cette intention, ayant recouvert d'une grande cloche de verre

Digitized by Google

un agaric qui ne faisait que sortir de terre, j'en ai entouré la base d'une espèce de lut gras auquel j'ai fait adhérer la cloche, en prenant toutes les précautions possibles pour prévenir toute communication entre l'air du récipient et l'atmosphère extérieure. Au bout de deux ou trois jours, lorsque le champignon avait fort augmenté en volume, l'air de la cloche a été soumis à l'analyse. Cette expérience a été répétée plusieurs fois, et toujours avec le même résultat, savoir : que dans aucun cas, l'air de la cloche n'a paru avoir subi de modification sensible, sauf la présence de temps en temps d'une quantité extrêmement minime de gaz acide carbonique.

Le résultat négatif de ces expériences m'ayant donné lieu de craindre que mon appareil ne fût imparfait, et qu'il était difficile, sinon peut-être impossible, de prévenir toute communication, même celle qui pouvait avoir lieu par dessous la terre, entre l'atmosphère et l'air du récipient, j'ai dû nécessairement recourir à une autre méthode, moins exacte peut-être, et me borner à examiner l'action sur l'atmosphère de champignons qu'on avait enlevés de terre, et qui par conséquent ne pouvaient plus se trouver dans leur état naturel. Ce procédé, qu'on a employé avec succès pour examiner les modifications qu'éprouve l'atmosphère par l'action des plantes vertes, n'est pas à l'abri de toute objection, lorsqu'il s'agit de l'examen de végétaux aussi sujets à une décomposition spontanée que le sont un grand nombre de champignons; et ce qui rend cette source d'erreur encore plus à craindre, c'est qu'il est souvent difficile de s'assurer du moment où la vie cesse, et de celui où la fermentation ou décomposition spontanée de ces végétaux commence.

Digitized by Google

Pour me mettre autant que possible à l'abri de la source d'erreur que je viens d'indiquer, je prenais les précautions suivantes : 1° j'avais soin de choisir les champignons sur lesquels devaient porter mes expériences, parmi les espèces plus ou moins coriaces, et chez lesquelles la nature même du tissu devait prévenir les effets d'une prompte fermentation ; 2° l'expérience ne durait jamais que quelques heures, le plus souvent de huit à douze ; et j'avais toujours soin de remarquer à la fin de chaque expérience si les champignons qui y avaient été soumis, manifestaient soit par l'odeur, soit autrement, la plus légère apparence de décomposition, dans lequel cas l'expérience était regardée comme nulle ; 3° enfin, j'avais soin, en arrachant les champignons de terre, de ne jamais couper les filamens des racines, et de conserver même autour de la tige une très petite quantité de terre (1), dans l'espoir de prolonger le plus possible l'état de végétation. Lorsque mes expériences portaient sur des espèces adhérentes au bois, j'enlevais toujours avec les champignons la couche de bois dans laquelle ils croissaient ; je pouvais ainsi les soumettre à l'expérience sans les sortir le moins du monde de leur état naturel.

Je vais rendre compte des résultats obtenus en introduisant successivement diverses espèces de champignons, 1° sous une cloche d'air atmosphérique ; 2° dans une atmosphère d'oxigène ; 3° dans une atmosphère d'azote.

---

(1) J'avais préalablement constaté par une expérience directe qu'une aussi petite quantité de terre ne dégage pas au bout de vingt-quatre heures une quantité appréciable de gaz acide carbonique.

Digitized by Google

§ Ier. *Action des champignons sur l'air atmosphérique.*

Avant d'introduire les champignons sous des cloches pleines d'air atmosphérique, je notais avec soin le poids et le nombre d'individus que je comptais soumettre à l'expérience. Je les introduisais ensuite sous un récipient de forme allongée, dont les trois quarts environ étaient pleins d'air. Ce récipient, qui était gradué en centimètres cubes, reposait sur une cuve de mercure. Après y avoir laissé les champignons pendant un nombre donné d'heures, et après avoir observé le changement de volume survenu dans l'air du récipient, je soumettais cet air à l'analyse, au moyen de l'eudiomètre de Volta. Je passe actuellement au détail des expériences.

Expérience première.

Trois champignons de l'espèce *lycoperdon bovista* (vesse de loup), pesant ensemble 130 grains, ont été introduits sous un récipient contenant 111 centimètres cubes d'air (thermomètre 18° cent.). Ils y sont restés exposés au grand jour, mais à l'abri des rayons directs du soleil, pendant un intervalle de neuf heures. A l'expiration de ce temps, le volume de l'air du récipient était de 113 centimètres cubes. L'analyse a donné le résultat suivant :

Digitized by Google

Le récipient contenait,

Avant l'expérience.		*Après l'expérience.*	
Gaz azote...	87,7	Gaz azote.....	87,0
Oxigène....	23,3	Oxigène.....	2,3
		Acide carbonique .	23,7
	111,0		113,0

On voit que pendant le séjour des champignons sous le récipient, la presque totalité de l'oxigène de l'air, savoir 21 cent. c., s'est combinée avec le carbone du végétal pour former un volume égal de gaz acide carbonique. Les champignons ont dégagé en outre 2,7 cent. c. d'acide carbonique formé de toutes pièces. Il a disparu 0,7 cent. c. d'azote, quantité très petite qui peut être due soit à une absorption provenant de la porosité des champignons, soit peut-être en partie à une erreur d'observation.

Expérience première bis.

L'expérience précédente fut répétée en plaçant des champignons de même espèce et de même poids sous un récipient contenant 111 cent. c. d'air pendant dix heures d'une obscurité complète (thermomètre 16° C.). A l'expiration de ce temps, le volume d'air était de 112 cent. c. Voici le résultat de l'analyse:

Le récipient contenait,

Avant l'expérience.		*Après l'expérience.*	
Gaz azote...	87,7	Gaz azote.....	87,4
Oxigène....	23,3	Oxigène.....	2,5
		Acide carbonique .	22,1
	111,0		112,0

Digitized by Google

On voit par ce résultat que l'action des champignons sur l'atmosphère pendant la nuit, diffère peu de celle qui a lieu pendant le jour : elle paraîtrait peut-être un peu moins énergique, puisqu'il a fallu douze heures de nuit pour produire une quantité d'acide carbonique, un peu plus faible que celle qui avait été produite pendant neuf heures de jour.

Expérience première ter.

L'expérience précédente fut répétée sur trois individus de l'espèce *lycoperdon bovista* pris à un âge plus avancé, auquel la végétation paraît avoir à peu près cessé, et où ce champignon, au lieu d'être d'une consistance charnue, ne se compose plus que d'une enveloppe remplie d'une fine poussière. Ils pesaient ensemble 72 grains (thermomètre 22° C.). Ayant été laissés pendant douze heures, dont six de jour et six de nuit, sous un récipient contenant 100 cent. cubes d'air, on a trouvé, qu'à l'expiration de ce temps, le volume d'air n'avait pas subi de changement sensible, et que l'atmosphère était beaucoup moins viciée que dans les expériences précédentes. En effet,

Le récipient contenait :

Avant l'expérience.		*Après l'expérience.*	
Gaz azote...	79,0	Gaz azote.....	79,0
Oxigène....	21,0	Oxigène.....	18,0
		Acide carbonique .	3,0
	100,0		100,0

Il est à remarquer que la vesse de loup, prise dans l'état que nous venons de décrire, est beaucoup plus portée à la

Digitized by Google

fermentation ou décomposition spontanée, que lorsqu'on la prend jeune et à l'état charnu. Le résultat auquel nous sommes arrivés, ne tend-il donc pas à démontrer que la grande quantité d'acide carbonique, produite dans les deux premières expériences, provient bien de l'effet d'une végétation proprement dite, et non d'un commencement de décomposition ou fermentation, comme on aurait pu le soupçonner au premier abord. En effet, en admettant l'hypothèse de la décomposition, nous aurions dû trouver l'air plus vicié dans la dernière expérience, lorsque les champignons se trouvaient dans un état voisin d'un commencement de décomposition, que dans les deux premières, lorsqu'ils étaient d'une consistance charnue, et pris à l'époque où leur végétation est la plus active.

Expérience deuxième.

Trois champignons voisins de l'espèce *agaricus amarus*, et pesant ensemble 60 grains, ont été introduits sous un récipient, renfermant 67 centimètres cubes d'air (thermom. 20° C.). Au bout de neuf heures, le volume de l'air du récipient n'avait pas sensiblement changé; sa composition était la suivante:

Le récipient contenait,

Avant l'expérience.		*Après l'expérience.*	
Gaz azote...	53,0	Gaz azote.....	53,1
Oxigène.....	14,0	Oxigène.....	1,7
		Acide carbonique.	12,2
	67,0		67,0

Digitized by Google

On voit que dans cette expérience, il ne paraît pas y avoir eu dégagement d'acide carbonique déjà formé de toutes pièces, puisque la quantité de ce gaz qui a été dégagée coïncide exactement avec la quantité d'oxigène absorbé.

Cette expérience répétée pendant douze heures de nuit a fourni un résultat qui diffère à peine de celui que nous venons de citer. Ce serait donc allonger inutilement que d'entrer dans les détails.

Expérience troisième.

Trois champignons appartenant à l'espèce *agaricus campestris*, et pesant ensemble 190 grains, ont été placés sous un récipient, renfermant 122 cent. cubes d'air (thermom. 22° C.). Ils y sont restés exposés au grand jour pendant dix heures. A l'expiration de ce temps, le volume d'air avait augmenté à 128 cent. cubes. Suit le résultat de l'analyse :

Le récipient renfermait,

Avant l'expérience.		*Après l'expérience.*	
Gaz azote...	96,4	Gaz azote.....	96,2
Oxigène....	25,6	Oxigène.....	0,8
		Acide carbonique.	31,0
	122,0		128,0

Dans ce cas, 24,9 cent. c. d'oxigène ont disparu, et ont servi à la production du même volume de gaz acide carbonique. De plus, les champignons ont dégagé environ 6 cent. c. d'acide carbonique formé de toutes pièces.

Digitized by Google

Expérience troisième bis.

L'expérience précédente ayant été répétée pendant douze heures de nuit, a donné un résultat un peu différent. En voici le détail :

Le récipient renfermait,

Avant l'expérience.		*Après l'expérience.*	
Gaz azote...	96,4	Gaz azote.....	96,4
Oxigène....	25,6	Oxigène.....	2,5
		Acide carbonique.	30,1
	122,0		129,0

Il est à remarquer que dans ce cas, le végétal paraît avoir commencé à dégager de l'acide carbonique formé de toutes pièces, avant d'avoir absorbé la totalité ou la presque totalité de l'oxigène de l'air, comme cela s'était passé dans l'expérience précédente, qui avait eu lieu de jour.

Expérience troisième ter.

Deux individus de l'espèce *agaricus campestris*, pesant ensemble 120 grains, après avoir été gardés pendant douze heures dans une chambre, dont la température variait de 18° à 20° C., ont été placés sous un récipient renfermant 100 cent. cubes d'air, au moment où ils commençaient à manifester par une légère odeur les premiers signes de fermentation. Au bout de douze heures, l'air du récipient dont le volume n'avait pas sensiblement varié, ayant été soumis à l'analyse, s'est

Digitized by Google

trouvé composé de : acide carbonique 7, oxigène 13,3, azote 79,7. On voit par cette expérience, que des champignons arrachés de terre depuis plusieurs heures, et qui étaient voisins d'un état de fermentation, ont produit moins d'acide carbonique que des champignons parfaitement sains de même espèce ; nouveau motif pour présumer que l'absorption considérable d'oxigène et le dégagement d'acide carbonique, que nous avons vu avoir lieu dans les expériences précédentes, provient bien de l'effet de la végétation du champignon, et non d'un commencement de décomposition (1).

Expérience quatrième.

Plusieurs petits champignons ayant la forme de petites cloches bleuâtres, et voisins de l'espèce *agaricus digitaliformis*, pesant ensemble 60 grains, ont été placés sous un récipient renfermant 63 centimètres cubes d'air (thermomètre 22° C.). Au bout de neuf heures, le volume d'air n'avait pas sensiblement changé. L'analyse a donné les résultats suivans :

Le récipient renfermait,

Avant l'expérience.		*Après l'expérience.*	
Gaz azote...	49,8	Gaz azote.....	49,5
Oxigène....	13,2	Oxigène.....	3,9
		Acide carbonique.	9,6
	63,0		63,0

(1) J'ai remarqué en répétant plusieurs fois cette expérience que lorsqu'il y avait décidément un commencement de décomposition dans

Digitized by Google

Il est à remarquer que ces champignons sont de très courte durée, d'une consistance molle, et disposés à entrer en déliquescence au bout de peu de temps.

Expérience cinquième.

Cette expérience, que je regarde comme la plus concluante, porte sur le *boletus versicolor*. C'est une espèce de champignon, qui croît le plus souvent sur les débris des troncs d'arbres et sur les pieux de bois abandonnés. Il est d'une consistance tout à fait coriace, et même lorsqu'on l'a détaché du bois auquel il est adhérent, il reste plusieurs jours avant de manifester des signes de décomposition.

Quatre individus de cette espèce, pesant ensemble 140 grains, ont été détachés d'un tronçon de chêne, de manière à ce que chaque champignon fût enlevé avec la couche de bois à laquelle il était adhérent. De cette manière ces champignons pouvaient être soumis à l'expérience, sans les sortir le moins du monde de leur état naturel. Ils ont été introduits sous un récipient renfermant 120 centimètres cubes d'air (thermomètre 21° C.), et ils y sont restés exposés au grand jour pendant un intervalle de douze heures. A l'expiration de ce temps, le volume d'air du récipient avait augmenté à 125 centimètres cubes. Voici le résultat de l'analyse :

---

le champignon employé, il se dégageait le plus souvent une petite quantité de gaz hydrogène. Mais je n'en ai jamais trouvé lorsque le champignon était à l'état sain.

Digitized by Google

Le récipient renfermait,

Avant l'expérience.		*Après l'expérience.*	
Gaz azote...	94,8	Gaz azote.....	94,7
Oxigène....	25,2	Oxigène.....	0,6
		Acide carbonique.	28,7
	120,0		124,0

On voit que dans ce cas, la presque totalité de l'oxigène, savoir 24,6 cent. cubes sur 25,2 cent. cubes, ont été absorbés pendant le séjour des champignons sous le récipient, et se sont combinés avec le carbone du végétal, pour former un volume égal de gaz acide carbonique. Les champignons ont dégagé en outre environ 4 centimètres cubes d'acide carbonique formé de toutes pièces.

Une expérience comparative, faite pendant douze heures à l'obscurité, a fourni un résultat fort rapproché de celui dont nous venons de rendre compte; si ce n'est que la quantité d'acide carbonique formé s'est trouvée être pendant soit peu plus considérable de nuit que de jour.

C'est à dessein que dans le récit de ces expériences, j'ai fait succéder l'examen du *boletus versicolor* à celui de l'*agaricus digitaliformis*. En effet, l'influence de ces deux espèces de champignons sur l'atmosphère, me semble démontrer d'une manière presque évidente, que l'absorption de l'oxigène et la formation d'acide carbonique dans les expériences qui précèdent, ne proviennent pas, au moins pour la plus grande partie, d'un commen-

Digitized by Google

cement de fermentation. On voit, en effet, que dans le cas de l'*agaricus digitaliformis* (Expérience 4e), champignon d'une consistance molle et assez voisine d'un état de déliquescence, il y a eu moins d'oxigène absorbé et moins d'acide carbonique dégagé, que dans le cas du *boletus versicolor*, champignon extrêmement coriace, et sur la force végétative duquel on ne peut conserver aucun doute, puisqu'il a été enlevé avec la couche de bois à laquelle il était adhérent, et placé dans cet état sous le récipient.

Plusieurs autres champignons ont été successivement soumis à l'expérience de la même manière que les précédens, mais comme les résultats qu'ils ont fournis ne diffèrent de ceux déjà obtenus, que sous le rapport de la quantité d'oxigène absorbé, et d'acide carbonique dégagé, je crois inutile d'entrer dans de plus grands détails.

§ IIe *Action des champignons sur le gaz oxigène pur.*

Expérience première.

Deux champignons de l'espèce *agaricus amarus*, pesant ensemble 90 grains, ont été placés au moment où on venait de les déterrer, sous un récipient contenant 93 cent. cubes de gaz oxigène pur (thermom. 20° C.). On les y a laissés exposés au grand jour pendant douze heures. A l'expiration de ce temps, le volume du gaz du récipient s'est trouvé réduit à 91 centimètres cubes. Son analyse a fourni le résultat suivant :

Digitized by Google

Le récipient contenait,

Avant l'expérience.		*Après l'expérience.*	
Gaz oxigène..	93,0	Gaz oxigène.....	50,7
		Acide carbonique..	21,5
		Gaz azote.....	18,8
			91,0

On voit par ce résultat que 42,3 cent. cubes d'oxigène, c'est-à-dire près de la moitié de celui que renfermait la cloche, avaient disparu pendant que les champignons y ont séjourné. Sur ces 42,3 cent. c. d'oxigène, 21,5 cent. c. se sont combinés avec le carbone du végétal pour produire du gaz acide carbonique, tandis que 20,8 cent. cub. paraissent s'être fixés dans les champignons, et avoir été remplacés par 10,8 cent. cub. d'azote.

Cette expérience, répétée pendant douze heures de nuit, a fourni un résultat extrêmement rapproché de celui que nous venons de rapporter.

Expérience deuxième.

Trois champignons de l'espèce *boletus versicolor*, pesant ensemble 125 grains, ont été détachés avec soin d'un vieux tronçon de chêne, de manière qu'une mince couche de bois restât adhérente à chaque champignon. On les a placés sous un récipient renfermant 100 cent. cubes d'oxigène (thermom. 14° C.). Ils y ont séjourné pendant treize heures, savoir sept heures de jour et six de nuit. A l'expiration de ce temps, le gaz n'occupait

Digitized by Google

plus que 92 centimètres cubes. L'analyse a fourni les résultats suivans :

Le récipient contenait,

Avant l'expérience.		*Après l'expérience.*	
Gaz oxigène..	100,0	Gaz oxigène.....	29,0
		Acide carbonique.	41,0
		Gaz azote.....	22,0
			92,0

Il a disparu pendant le séjour des champignons 71 centimètres cubes d'oxigène, c'est-à-dire près des trois quarts de la quantité totale. Sur ces 71 cent. cub. d'oxigène, 41 cent. cub. se sont combinés avec le carbone du végétal pour former un volume égal d'acide carbonique, qu'on a retrouvé dans le récipient : les 30 centimètres cubes d'oxigène restant paraissent s'être fixés dans les champignons, et avoir été remplacés par 22 cent. cub. d'azote.

Expérience troisième.

Plusieurs petits champignons voisins de l'espèce *agaricus pulverentulus*, pesant ensemble 100 grains, ont été placés pendant douze heures, dont neuf de jour et trois de nuit, sous un récipient contenant 83 centimètres cubes de gaz oxigène (thermom. 18° C.). A l'expiration des douze heures, le volume du gaz s'est trouvé réduit à 78 cent. cub. Voici le résultat de l'analyse :

Digitized by Google

Le récipient contenait,

Avant l'expérience.		*Après l'expérience.*	
Gaz oxigène..	83,0	Gaz oxigène.....	29,0
		Acide carbonique.	28,0
		Gaz azote.....	21,0
			78,0

On voit que dans cette expérience il a disparu 54 centimètres cubes d'oxigène sur 83. Ces 54 cent. cub. d'oxigène ont été remplacés par 28 cent. cub. d'acide carbonique, et 21 cent. d'azote.

Expérience quatrième.

Deux individus de l'espèce *lycoperdon hovista* (vesse de loup), pesant l'un 65 grains, et l'autre 35 grains, ont été introduits sous une cloche renfermant 84 centim. cubes d'oxigène. Au bout de dix heures, le volume de gaz était réduit à 81 centim. cubes.

Le récipient contenait,

Avant l'expérience.		*Après l'expérience.*	
Gaz oxigène..	84,0	Gaz oxigène.....	29,0
		Acide carbonique .	29,0
		Gaz azote.....	23,0
			81,0

Il a disparu dans cette expérience 55 centim. cubes d'oxigène sur 81 cent. cubes. Sur ces 55 centim. cubes 29 ont reparu sous forme d'acide carbonique, et les 26 c.

Digitized by Google

cub. restant paraissent s'être fixés dans les champignons, et avoir été remplacés par 23 cent. cub. d'azote.

§ III^e *Action des champignons sur le gaz azote pur.*

Expérience première.

Quatre individus de l'espèce *bôletus versicolor*, enlevés d'un tronçon de chêne avec la couche de bois à laquelle ils étaient adhérens, ont été placés sous un récipient contenant 100 centimètres cubes de gaz azote (thermomètre 18° C.). Au bout de douze heures, le volume du gaz était de 102 centim. cubes. Voici le résultat de l'analyse :

Le récipient contenait,

Avant l'expérience.		*Après l'expérience.*	
Gaz azote...	100,0	Gaz azote.....	98,0
		Acide carbonique.	4,0
			102,0

On voit par ce résultat que 2 centim. cubes d'azote avaient disparu pendant le séjour des champignons dans ce gaz, et qu'ils avaient été remplacés par 4 cent. cubes d'acide carbonique.

Expérience deuxième.

Deux champignons de l'espèce *lycoperdon bovista* (vesse de loup), pesant ensemble 100 grains, ont été placés pendant douze heures sous un récipient renfermant 90 centimètres cubes d'azote (thermom. 17° C.). Voici le résultat :

Digitized by Google

Le récipient contenait,

Avant l'expérience.		*Après l'expérience.*	
Gaz azote....	90,0	Gaz azote.....	89,0
		Acide carbonique.	2,0
			91,0

Il y a donc eu dans cette expérience absorption de 1 cent. cube d'azote, et dégagement de 2 cent. cubes d'acide carbonique. Cette expérience, répétée pendant douze heures de nuit, a fourni un résultat presque identique avec le précédent.

Expérience troisième.

Quatre champignons de l'espèce *agaricus amarus* ont été introduits sous un récipient renfermant 100 cent. cubes d'azote (thermomètre 18° C.). Au bout de douze heures, le volume du gaz avait augmenté à 103 centim. cubes, et s'est trouvé composé de 100 cent. cubes d'azote, et 3 cent. cub. de gaz acide carbonique.

Dans cette expérience la quantité d'azote absorbée était sensiblement nulle. Le seul effet des champignons s'est borné au dégagement de 3 centim. cubes d'acide carbonique.

Les conclusions résultant de ce mémoire, et auxquelles nous sommes conduits par la suite des expériences qui s'y trouvent successivement relatées, peuvent être rangées dans l'ordre suivant :

Digitized by Google

1° Les champignons, en végétant dans l'air atmosphérique, produisent sur cet air des modifications très différentes de celles qui sont produites par des plantes vertes placées dans des circonstances analogues. En effet, les champignons vicient l'air très promptement, soit en absorbant son oxigène pour former du gaz acide carbonique aux dépens du carbone du végétal, soit en dégageant du gaz acide carbonique formé de toutes pièces, lorsque l'expérience dure assez long-temps;

2° Les modifications qu'éprouve l'air atmosphérique par le contact de champignons en état de végétation, paraissent être sensiblement les mêmes de jour et de nuit;

3° Si on fait séjourner des champignons frais dans une atmosphère de gaz oxigène pur, une grande partie de ce gaz disparaît au bout de quelques heures. Une portion de l'oxigène absorbé se combine avec le carbone du végétal pour former du gaz acide carbonique, tandis que l'autre portion paraît se fixer dans le végétal, et être remplacée, au moins en partie, par du gaz azote dégagé par le champignon;

4° Des champignons frais en séjournant pendant quelques heures dans une atmosphère de gaz azote, modifient très peu la nature de ce gaz. Le seul effet produit se borne au dégagement d'une petite quantité d'acide carbonique, et dans quelques cas à l'absorption d'une très petite quantité d'azote.

(Extrait des Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève.)

Digitized by Google

Nouveau Procédé pour analyser les Silicates alcalins;

Communiqué à l'Académie des Sciences le 23 février 1835,

Par M. Aug. Laurent.

Lorsqu'un silicate renferme de la potasse, de la soude ou de la lithine, et qu'il est inattaquable par les acides ordinaires, on le traite généralement par le carbonate de baryte ou de plomb, ou par l'acide hydrochlorique pur. Par le carbonate de baryte, le silicate est rarement décomposé complétement. Le carbonate de plomb, même mêlé de nitrate, finit toujours par attaquer les creusets de platine. En outre par ces deux procédés, l'analyse est très longue.

L'acide hydrofluorique pur est rarement employé, parce qu'il exige des appareils en platine très dispendieux tant pour sa préparation et sa conservation, que pour faire l'attaque du silicate. D'ailleurs sa préparation n'est pas exempte de dangers. Mais, à l'aide de cet acide, les analyses se font rapidement.

Chargé, depuis deux ans, à la manufacture royale de porcelaine de Sèvres, de faire de nombreuses analyses de kaolin et de feldspath, dans lesquelles il était nécessaire de doser rigoureusement la potasse qui n'y entre souvent que pour 1 à 2 centièmes, j'ai imaginé le procédé que je vais décrire. Une cinquantaine d'analyses que j'ai faites par ce procédé me permettent d'assurer qu'il est préférable aux autres par sa simplicité, sa rapidité et son

Digitized by Google

exactitude. Il consiste à préparer l'acide hydrofluorique dans un vase en plomb, et à le faire arriver en vapeurs sur le silicate à analyser.

Je me sers d'un vase en plomb coulé, puis tourné. Il a $0^m,140$ de hauteur, sur 0,105 de diamètre ; son épaisseur est de 0,006, le fond doit en avoir le double. Il est muni d'un couvercle de 0,010 d'épaisseur, également fait au tour, surmonté d'un bouton très fort et portant une rainure qui lui permet de fermer exactement le vase. Celui-ci est percé à 0,020 de son bord supérieur, d'un petit orifice de 0,005 de diamètre, et qui doit être renforcé extérieurement par un bourrelet. Dans cet orifice s'adapte un tube en platine de même diamètre extérieur, coudé à angle droit dans le milieu de sa longueur, qui est de $0^m,100$.

Lorsqu'on veut faire l'analyse, on met dans le vase en plomb, du fluorure de calcium réduit en poudre, on y verse de l'acide sulfurique, on remue le tout et on place le couvercle. Pour que celui-ci ferme hermétiquement, il faut mettre dans la rainure du caoutchouc fondu, et avoir soin d'appuyer sur le couvercle, en le faisant tourner un peu. On introduit ensuite le tube de platine dans le petit orifice, également enduit de caoutchouc.

D'un autre côté, on pèse 2 ou 3 grammes au plus du silicate à analyser, réduit en poudre excessivement fine ; on l'introduit dans un creuset de platine qui ne doit pas avoir moins de $0^m,040$ à $0^m,045$ de profondeur ; on l'arrose avec 2 ou 3 fois son poids d'eau, et on remue.

On place ensuite le creuset de platine sur un support, à côté du vase en plomb, de manière que l'extrémité du

Digitized by Google

tube de platine plonge dans le creuset à plusieurs millimètres de la surface de l'eau. Quelques charbons allumés, placés sous le vase en plomb, ne tardent pas à en faire dégager l'acide hydroflurique qui se rend par le petit tube dans le creuset de platine. Il se dissout dans l'eau, et, au bout de quelques minutes, il réagit sur le silicate dont il dégage le silicium à l'état de fluorure. Pour se débarrasser de ce gaz, qui est mêlé avec de l'acide hydrofluorique en excès, on place à côté du creuset de platine le dôme d'un fourneau à reverbère, de manière que son échancrure embrasse la moitié du creuset. On met sous le dôme surmonté d'une cheminée en tôle, une petite lampe ou bien des charbons allumés, afin d'établir un courant d'air.

Il est nécessaire de remuer à chaque instant le silicate à l'aide d'une très petite spatule, que l'on saisit avec des pinces couvertes à leurs extrémités d'une couche de cire.

Il faut conduire l'opération le plus lentement possible. Un quart d'heure pourrait, à la rigueur, suffire; mais on s'exposerait à faire des pertes par les projections. Il vaut mieux mettre trois quarts d'heure et même une heure à faire l'attaque. Si on n'a pas mis assez d'eau, la matière s'épaissit, et forme des grumeaux dont le centre est préservé du contact de l'acide hydrofluorique. Lorsqu'on voit la masse devenir gélatineuse, il faut y ajouter quelques gouttes d'eau à l'aide d'une pipette. Si on en a trop mis dans le commencement, l'attaque ne se fait qu'en partie. Si le dégagement d'acide était trop rapide, et si le silicate menaçait de bouillonner, il faudrait de

Digitized by Google

suite abaisser le creuset de platine de plusieurs millimètres, et y laisser tomber quelques gouttes d'eau.

L'attaque est terminée, lorsque le silicate a disparu pour faire place à une dissolution plus ou moins louche, ou à une matière semblable à l'empois. Alors on retire le creuset de platine; et pour se débarrasser des vapeurs qui continueraient à se dégager du vase en plomb, on fait absorber de l'eau, à celui-ci, par le petit tube coudé.

L'analyse se continue alors comme par les procédés ordinaires. Il faut convertir les fluorures en sulfates et évaporer à siccité. Il est, en général, impossible d'évaporer un sulfate dans un petit vase, sans s'exposer à perdre une grande quantité de matière par les projections. On les évite complétement en chauffant le creuset de platine de la manière suivante : Après avoir lavé la spatule avec de l'acide sulfurique, on la retire du creuset, et on place celui-ci dans un petit triangle en fil de fer dont les trois branches sont relevées de manière à former un trépied renversé; on place ce triangle dans un second, dont les branches sont droites, et on place tout le système sur un fourneau. On met un peu de charbon sous le creuset, puis on dispose, tout autour de la partie supérieure, des charbons bien allumés. Lorsque l'effervescence due au dégagement de l'acide hydrofluorique a cessé, on met le couvercle qui doit être à bords renversés, comme celui d'une tabatière. Par ce moyen, l'évaporation se fait à la surface du liquide sans projections; et, si par hasard il y en avait, elles s'attacheraient après le couvercle qui, étant assez chauffé, ne permet

Digitized by Google

pas à l'acide sulfurique de s'y condenser pour les entraîner, en ruisselant, hors du creuset.

Lorsque l'excès d'acide sulfurique a été complétement chassé, on verse sur les sulfates secs de l'acide hydrochlorique concentré, et on laisse digérer, à une douce chaleur, pendant une heure. Au bout de ce temps, on délaie les sulfates, qui ne sont pas dissous, dans de l'eau; on aspire le liquide trouble à l'aide d'une pipette, et on l'introduit dans un ballon. On lave le creuset à plusieurs reprises, jusqu'à ce que l'on ait ainsi ajouté $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{2}$ litre d'eau. On porte le liquide à l'ébullition. Le sulfate d'alumine calciné est très difficile à dissoudre. A cause de cela, il m'est souvent arrivé de croire que le silicate n'avait pas été entièrement attaqué; mais par une ébullition suffisamment prolongée, tout se dissout.

Il ne reste plus qu'à précipiter l'alumine, la chaux, la magnésie et à évaporer les sulfates alcalins.

L'analyse marche très rapidement, parce que les lavages, surtout si on les fait à l'eau bouillante, se font très facilement.

Note de M. Ampère sur la Chaleur et sur la Lumière considérées comme résultant de mouvemens vibratoires.

Grâce aux travaux de Young, Arago et Fresnel, il est bien démontré aujourd'hui que la lumière est pro-

Digitized by Google

duite par les vibrations d'un fluide répandu dans tout l'espace et auquel on a donné le nom d'éther. La chaleur rayonnante, qui suit les mêmes lois dans sa propagation, peut être expliquée de la même manière. Mais quand la chaleur se propage de la partie plus échauffée d'un corps à celle qui l'est moins, les lois de sa transmission sont tout à fait différentes : au lieu d'un mouvement vibratoire qui se propage par *ondes*, de manière que chaque onde laisse immobile le fluide qu'elle a mis en mouvement pendant l'instant de son passage, on a alors un mouvement qui se propage graduellement, de manière que la partie qui était primitivement la plus chaude (et par conséquent la plus agitée quand on explique les phénomènes de la chaleur par les vibrations), quoique en diminuant peu à peu de chaleur, en conserve cependant plus que les parties auxquelles elle en transmet. De là naît une objection contre la théorie de la transmission de la chaleur par des mouvemens vibratoires (1).

Dans une note insérée en 1832 dans le tome XLIX, page 225 de *la Bibliothèque universelle* de Genève, j'ai essayé de répondre à cette objection en montrant à quelle sorte de mouvemens sont dus les phénomènes

(1) Cependant comme un corps exposé aux rayons du soleil s'échauffe d'abord dans la partie sur laquelle tombent ces rayons, et que cette chaleur se transmet graduellement au reste du corps par le second mode de propagation dont nous venons de parler, il est impossible d'admettre que la lumière et la chaleur des rayons solaires consiste dans des vibrations sans admettre aussi que la chaleur transmise dans l'intérieur d'un corps est également produite par des mouvemens vibratoires.

Digitized by Google

dont je viens de parler. Je crois devoir publier de nouveau mes idées sur ce sujet en les accompagnant de quelques développemens plus étendus.

Le principe dont je suis parti repose sur la distinction que j'ai établie depuis long-temps entre les *particules*, les *molécules* et les *atomes*. J'appelle *particule* une portion infiniment petite d'un corps et de même nature que lui, en sorte qu'une particule d'un corps solide est solide, celle d'un liquide, liquide, et celle d'un gaz, à l'état aériforme.

Les *particules* sont composées de molécules tenues à distance 1° par ce qui reste à cette distance des forces attractives et répulsives propres aux atomes; 2° par la répulsion qu'établit entre elles le mouvement vibratoire de l'éther interposé; 3° par l'attraction en raison directe des masses et inverse du carré des distances. Je nomme *molécules* un assemblage d'atomes tenues à distance par les forces attractives et répulsives propres à chaque atome, forces que j'admets être tellement supérieures aux précédentes, que celles-ci peuvent être considérées relativement comme presque insensibles. Ce que j'appelle *atomes* ce sont les points matériels d'où émanent ces forces attractives et répulsives.

Il suit de cette définition des molécules et des atomes que la molécule est essentiellement solide, que le corps auquel elle appartient soit solide, liquide ou gazeux; que les molécules ont nécessairement la forme d'un polyèdre, dont leurs atomes, ou du moins un certain nombre de ces atomes, occupent les sommets; et ce sont ces

Digitized by Google

formes polyédriques qui sont désignées sous le nom de formes primitives par les cristallographes.

J'admets que dans le passage des corps de l'état liquide à l'état gazeux, et réciproquement, les molécules ne font que s'écarter ou se rapprocher en passant d'un des états d'équilibre entre les forces qui déterminent leur distance à un autre état d'équilibre entre les mêmes forces ; mais je pense que dans le passage de l'état liquide à l'état solide, deux, ou plusieurs de ces molécules, se réunissent pour former des molécules plus composées.

Les forces mécaniques ne peuvent que séparer les particules ; la force qui résulte des vibrations des atomes peut séparer la molécule plus composée d'un solide en molécules plus simples, telles qu'elles sont dans un liquide et dans un gaz. Les forces chimiques peuvent seules partager ultérieurement ces dernières molécules. Par exemple, dans la détonnation d'un mélange d'un volume d'oxigène et de deux volumes d'hydrogène, d'où résultent deux volumes de vapeur d'eau ramenée à la température primitive, chaque molécule d'oxigène est partagée en deux, et les atomes de chacune de ces moitiés s'unissent avec les atomes d'une molécule d'hydrogène pour former une molécule d'eau.

Cette division des molécules par les forces chimiques résulte d'un principe que j'ai établi dans un mémoire imprimé en 1814 dans les *Annales des Mines*, savoir : que dans des volumes égaux de quelque gaz ou vapeur que ce soit, sous la même pression et à la même température, il y a le même nombre de molécules.

Quant aux atomes, je pense que la seule propriété

Digitized by Google

qu'on puisse leur attribuer avec certitude, c'est d'être absolument indivisibles, en sorte que quoique l'espace soit divisible à l'infini, la matière ne saurait l'être, parce que dès que l'on concoit la division arrivée aux atomes, toute division ultérieure tomberait nécessairement dans les espaces vides qui séparent les atomes.

Les choses étant ainsi conçues, je distingue les vibrations moléculaires des vibrations atomiques. Dans les premières, les molécules vibrent en masse en s'approchant et s'éloignant alternativement les unes des autres, et soit qu'elles vibrent de cette manière ou qu'elles soient en repos, les atomes de chaque molécule peuvent vibrer et vibrent en effet toujours en s'approchant et s'éloignant alternativement les uns des autres sans cesser d'appartenir à la même molécule. Ces dernières vibrations sont celles que j'appelle vibrations atomiques.

C'est aux vibrations moléculaires et à leur propagation dans les milieux ambians que j'attribue tous les phénomènes du son ; c'est aux vibrations atomiques et à leur propagation dans l'éther que j'attribue tous ceux de la chaleur et de la lumière.

Tout mouvement vibratoire ne pouvant avoir lieu qu'autour d'un état d'équilibre stable entre des forces opposées, les vibrations atomiques supposent nécessairement l'existence d'une force répulsive en équilibre avec une force attractive, ces deux forces s'exerçant à la fois entre deux atomes, de manière qu'il y ait possibilité d'un équilibre stable entre ces deux forces, ce qui exige que la force répulsive croisse et décroisse plus rapidement que la force attractive quand la distance varie.

Digitized by Google

Au reste, on peut ramener l'existence de ces deux forces à celle d'une force unique, dont l'expression mathématique contiendrait deux termes de signe contraire, dont chacun correspondrait à chacune des forces en question.

Il est clair que du moment où l'on admet que les phénomènes de la chaleur sont produits par des vibrations, il est contradictoire d'attribuer à la chaleur la force répulsive des atomes nécessaire pour qu'ils puissent vibrer.

Pour se faire une idée nette de la manière dont la chaleur se propage suivant les lois diverses, 1° quand elle se meut dans un corps, 2° quand elle est à l'état de chaleur rayonnante, il faut d'abord remarquer que dans ce dernier cas elle ne peut être distinguée de la lumière, car la lumière n'est que de la chaleur rayonnante devenue capable de traverser les humeurs de l'œil, parce que la fréquence et l'intensité des vibrations qui la constituent sont alors assez grandes pour que ces vibrations puissent être transmises à travers ces humeurs (1). Il faut ensuite comparer ces deux sortes de propagation aux deux modes de propagation que présente le son. Exposons d'abord ces deux modes.

---

(1) L'expérience prouve que la chaleur rayonnante jusqu'à la température qui rend les corps d'où elle émane visibles dans l'obscurité, ne peut aucunement traverser l'eau, soit solide, soit liquide, et qu'au contraire, dès que l'on atteint la température de l'incandescence, il passe de la chaleur à travers le même milieu. Pour expliquer cette coïncidence de deux faits qui semblent indépendans l'un de l'autre, je pars du fait qu'au dessous d'un certain degré d'intensité et de fréquence

Digitized by Google

Concevons un diapason mis en vibration, et définissons d'abord ce qu'on doit entendre par la *force vive* de son mouvement vibratoire. On obtient cette force vive si l'on fait la somme des produits de toutes les masses de ses molécules par les carrés de leurs vitesses à un instant donné, et qu'on y ajoute le double de l'intégrale de la somme des produits des forces multipliées par les différentielles des espaces parcourus dans le sens de ces forces par chaque molécule, cette intégrale qui ne dépend que de la position relative des molécules étant prise de manière qu'elle soit nulle dans la position d'équilibre autour de laquelle se fait la vibration (1).

Voyons ensuite ce qui arrive au diapason dans les cas suivans :

1° Si le diapason est dans le vide, le mouvement vi-

---

dans les mouvemens vibratoires qui constituent la chaleur rayonnante, ces vibrations ne peuvent se propager à travers l'eau, et qu'au dessus elles s'y propagent en plus ou moins grande partie. *Il* est clair que dans le premier cas il ne peut y avoir sensation de lumière parce que les vibrations ne peuvent se propager à travers les humeurs de l'œil, ni par conséquent atteindre la rétine, et que dans le second cas, les corps doivent devenir visibles dans l'obscurité par les rayons qui peuvent alors pénétrer les mêmes humeurs.

(1) L'intégrale prise de cette manière est positive dans toutes les positions voisines de celles d'équilibre; c'est là le caractère de l'équilibre stable, le seul autour duquel il puisse y avoir des mouvemens vibratoires. Il suit de là que la force vive restant la même, la somme des produits des masses par les carrés des vitesses deviendrait la plus grande possible dans le cas où toutes les molécules passeraient à la fois par la position d'équilibre, puisque c'est alors que l'autre partie, toujours positive, de ce que nous avons appelé force vive, est nulle. J'appelle force vive *explicite* la première partie de la force vive prove-

Digitized by Google

bratoire se continue indéfiniment, et la somme des forces vives, explicites et implicites, reste constante.

2° Si ce diapason est dans un fluide dont la densité soit moindre que la sienne, chaque vibration totale du diapason, c'est-à-dire son mouvement entre deux retours à une même position, avec des vitesses dirigées dans le même sens, produira dans le fluide une onde d'une épaisseur déterminée qui parcourt le fluide, suivant les lois connues de la propagation du son, en laissant la partie qu'elle a traversée en repos, sauf le mouvement qui excitera l'onde suivante lorsque le diapason continuera à vibrer. A chaque vibration, la force vive du diapason diminuera de toute la force vive qui passe dans l'onde; en sorte que les diverses pertes successives du diapason iront en diminuant avec l'intensité des ondes qu'il produit.

3° Si le diapason était dans un fluide de même densité et de même élasticité que lui, il perdrait tout le mouvement à la première vibration, et toute sa force vive passerait dans l'onde unique qu'il propagerait autour de lui.

4° S'il y a dans un milieu indéfini un nombre quelconque de diapasons à l'unisson, dont un seul diapason ou un groupe de diapasons voisins soient en vibration,

---

nant des produits des masses par les carrés des vitesses, et force vive *implicite* le double de l'intégrale désignée ci-dessus. Dans un système qu'on retient en repos hors de la position d'équilibre, il y a une force vive implicite égale au double de la valeur de cette intégrale dans la position où le corps est retenu.

Digitized by Google

les ondes produites dans ce milieu que nous supposons d'une densité beaucoup moindre que celle des diapasons, en rencontrant ceux des diapasons qui étaient en repos, leur communiqueront peu à peu des mouvemens d'autant moindres qu'ils seront plus éloignés du groupe vibrant, la force vive de la partie des ondes qui ne rencontre aucun diapason étant perdue pour le système. Mais à mesure que les diapasons d'abord en repos prendront du mouvement, ils produiront de nouvelles ondes dont une partie de la force vive reviendra au premier groupe, mais en lui reportant moins de force vive qu'il n'en reçoit, parce qu'en vertu de ces échanges mutuels la force vive de leurs vibrations ne peut augmenter qu'autant qu'elle est inférieure à celle du groupe vibrant primitivement. La force vive du système de tous les diapasons ira en diminuant indéfiniment par suite des ondes que le milieu propage hors de ce système, à moins qu'on ne le supposât renfermé dans une enceinte de diapasons entretenus en vibration avec une force vive constante, que nous supposons par exemple inférieure à celle de la partie du système qui vibrait primitivement. Dans ce cas, la force vive de cette partie et du reste du système tend à s'approcher indéfiniment de celle des diapasons renfermés dans l'enceinte, sans jamais pouvoir l'atteindre, mathématiquement parlant, parce que les diapasons renfermés dans l'enceinte qui auront une force vive supérieure à la sienne, perdront une partie de leur force vive par la présence de l'enceinte, en lui en envoyant plus qu'ils n'en reçoivent, et que la force vive de ceux qui en auraient moins que l'enceinte en recevraient au contraire plus qu'ils ne lui en enverraient.

Digitized by Google

Si l'on considère, soit les diapasons placés dans une enveloppe cylindrique d'un très petit diamètre, pour n'avoir égard qu'à sa propagation dans une seule dimension, soit les diapasons placés entre deux plans pour avoir la propagation suivant deux dimensions, soit les diapasons dans l'espace, on pourra supposer dans le premier cas que la longueur du cylindre occupé par ces diapasons est divisée en tranches parallèles aux bases du cylindre et de même longueur entre elles; dans le second, que l'espace compris entre les deux plans parallèles est partagé par des couronnes circulaires de même largeur dont le centre est dans la partie supposée très petite où les diapasons vibraient primitivement; dans le troisième cas, que l'espace autour de la même partie est divisé en couches sphériques de même épaisseur, et on pourra chercher dans tous ces cas la force vive transmise des diapasons d'une tranche, d'une couronne ou d'une couche sphérique à ceux de la tranche, de la couronne, de la couche sphérique consécutives. Cette quantité transmise serait nulle s'il y avait entre eux égalité de force vive; on pourra donc supposer, comme première approximation, que la quantité de force vive transmise est proportionnelle à la différence des forces vives des deux groupes de diapasons consécutifs. Alors on trouve nécessairement pour la distribution de la force vive dans les diapasons les mêmes équations trouvées par Fourier pour la distribution de la chaleur dans les trois mêmes cas, en partant de la même hypothèse que la température ou chaleur transmise, que représente ici la force vive transmise, est pro-

Digitized by Google

portionnelle à la différence des valeurs respectives des températures. Et en supposant qu'on appliquât à la transmission de la force vive entre les diapasons d'autres lois, par exemple celle que M. Libri ou celle que M. Babinet ont proposées pour la transmission de la chaleur, il est évident qu'on trouverait pour la distribution de cette force vive dans le système des diapasons les mêmes équations auxquelles ces physiciens parviennent pour la température en partant de leurs hypothèses respectives.

Observons ici que tant qu'on considère les diapasons comme n'ayant sensiblement qu'une seule dimension, on est obligé de les assujétir à la condition de pouvoir vibrer à l'unisson ; mais que, comme M. Savart a démontré que des surfaces vibrantes à deux dimensions, et à plus forte raison des corps vibrans à trois dimensions, sont susceptibles par des changemens graduels des lignes nodales de prendre l'unisson d'un corps vibrant quelconque, il suffit de remplacer dans tout ce qui précède le mot de diapason par celui de plaque vibrante, ou solide vibrant, pour que tout ce que nous venons de dire soit encore vrai, sans aucune condition relative à la forme ou à la dimension de ces corps.

Appliquons maintenant ceci aux molécules d'un corps échauffé, considérant ces molécules comme autant de petits solides susceptibles de vibrer indépendamment les uns des autres, et de communiquer graduellement des parties de la force vive de leur mouvement vibratoire à l'éther environnant, en y produisant une onde à chaque vibration, précisément comme un diapason communique une partie de la force vive de son mouvement

Digitized by Google

vibratoire à l'air environnant ; et admettons que c'est seulement par l'intermède de cet éther qu'une molécule voisine, et qui aurait un mouvement vibratoire moins intense, augmente graduellement sa force vive tant que celle-ci est inférieure à celle de la première molécule ; il est évident qu'on trouvera par la distribution de la force vive entre les diverses molécules, précisément les mêmes équations qui ont été données pour la distribution de la chaleur d'après les différentes hypothèses sur la manière dont la force vive transmise d'une molécule à une autre dépend de la différence de leurs températures.

On trouve évidemment les mêmes résultats en considérant les choses comme nous venons de le dire dans le système de l'émission ou dans celui des vibrations, la quantité de calorique dans le premier système étant remplacée par la force vive des mouvemens vibratoires des molécules dans le second. C'est pour rendre l'analogie plus facile à saisir entre la propagation de la chaleur dans les corps et les vibrations sonores de solide à solide par l'intermède de l'air, que j'ai supposé dans cette explication que les molécules des corps ne se transmettaient leur mouvement vibratoire que par l'intermède de l'éther ; car je pense qu'elles peuvent aussi se le transmettre, parce qu'une molécule changeant de forme, ce qui peut rester à la distance où elle est d'une molécule voisine des forces attractives et répulsives des atomes dont ces deux molécules sont composées, est susceptible d'éprouver quelques changemens qui tendent à faire vibrer les atomes de la seconde ; mais ce point

Digitized by Google

de vue exigeant des calculs que je n'ai pas faits, je n'ai pas insisté sur le développement des conséquences de cette idée. Mon but dans ces considérations est seulement de montrer comment les vibrations par lesquelles se propage la chaleur dans les corps peuvent y suivre une loi toute différente de celle des vibrations du son, de la lumière et de la chaleur rayonnante, ces dernières vibrations se propageant par des ondes qui laissent en repos la partie du corps vibrant où elles ont passé, sans qu'il y reste trace de leur passage, tandis que les premières se forment peu à peu, de proche en proche, et de manière que les vibrations des parties qui sont le plus près de la source de chaleur restent toujours supérieures en intensité aux vibrations des parties plus éloignées, d'une quantité qui va à la vérité en diminuant continuellement, mais qui, mathématiquement parlant, ne deviendrait nulle qu'après un temps infini.

FIN DU TOME CINQUANTE-HUITIÈME.

Digitized by Google

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES. *Avril* 1835.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN.			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMETRE.		ETAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.		
1	759,50	+14,5	70	759,09	+19,4	54	757,85	+20,1	45	757,69	+14,4	60	+20,1	+ 9,0	Nuageux.	S.
2	756,22	+14,8	66	754,83	+20,4	50	753,57	+21,7	37	753,56	+15,2	52	+21,7	+ 8,8	Nuageux.	S.
3	755,00	+13,4	73	755,36	+14,6	75	755,05	+16,8	75	756,97	+12,6	82	+16,8	+13,6	Pluie fine.	S. O.
4	761,24	+11,1	76	761,53	+12,4	61	761,14	+13,8	50	761,90	+ 9,8	62	+13,8	+ 8,2	Quelques éclaircies.	O.
5	762,50	+11,8	76	762,16	+14,0	66	762,17	+13,3	60	763,56	+12,0	80	+14,0	+ 8,0	Couvert.	N. E.
6	765,64	+ 9,9	72	765,50	+13,2	68	765,08	+15,4	50	766 30	+10,6	54	+15,2	+ 6,4	Nuageux,	N.
7	766,90	+ 9,5	62	766,36	+15,1	53	765,66	+16,4	35	766,05	+12,6	48	+16,4	+ 6,0	Beau.	S.
8	766,17	+11,4	53	765,44	+16,8	45	764,02	+18,6	35	764,30	+12,8	45	+18,6	+ 5,2	Beau.	N. E.
9	764,12	+14,0	68	763,32	+17,4	52	762,95	+18,7	48	762,37	+12,4	63	+18,7	+ 7,4	Nuages clairs.	N. N. O.
10	762,16	+11,2	88	762,26	+13,0	76	761,57	+14,2	68	762,40	+11,0	98	+14,2	+ 9,6	Couvert.	N. O.
11	762,25	+ 8,7	70	762,80	+11,6	56	762,93	+12,0	36	764,64	+ 6,9	50	+12,0	+ 4,4	Très-nuageux.	N.
12	764,74	+ 6,0	60	764,42	+ 8,4	50	763,22	+10,4	43	762,83	+ 7,6	50	+10,4	+ 1,8	Nuageux.	N.
13	762,16	+ 8,4	58	761,38	+13,0	36	761,18	+14,8	34	761,62	+11,2	43	+14,8	+ 2,4	Beau.	N. O.
14	761,52	+10,7	54	760,62	+15,3	38	759,25	+17,6	26	758,80	+12,8	40	+17,6	+ 5,2	Beau.	N. E.
15	755,75	+12,3	50	754,20	+20,1	56	752,82	+18,8	30	753,10	+10,0	93	+20,1	+ 4,0	Nuageux.	S.
16	758,36	+ 6,0	58	758,87	+ 6,0	40	759,24	+ 6,0	49	759,70	+ 1,4	62	+ 6,0	+ 1,4	Neige et grésil.	N. fort.
17	759,42	+ 2,0	74	759,20	+ 4,0	63	758,60	+ 5,0	49	760,09	+ 2,0	72	+ 5,0	+ 0,0	Très-nuageux.	N.
18	760,04	+ 4,8	63	759,73	+ 5,6	49	758,82	+ 5,7	52	758,56	+ 6,6	60	+ 6,6	— 0,3	Couvert.	N. O.
19	762,20	+ 6,8	57	763,60	+ 8,4	46	764,40	+ 9,0	45	767,60	+ 6,2	50	+ 9,0	+ 6,2	Quelques éclaircies.	N.
20	770,92	+ 7,8	45	770,46	+10,6	41	769,94	+12,2	40	770,00	+ 8,5	50	+12,2	+ 1,6	Nuageux.	O. N. O.
21	769,76	+11,6	70	768,64	+15,2	48	767,44	+15,8	35	767,48	+11,8	55	+15,8	+ 5,5	Nuageux.	N. N. O.
22	766,56	+ 8,6	75	765,74	+13,6	50	764,70	+14,5	50	766,04	+ 9,8	64	+14,5	+ 6,6	Couvert.	N. O.
23	766,00	+ 7,8	71	765,24	+10,5	60	764,15	+13,0	50	764,84	+ 9,6	50	+13,0	+ 5,9	Très-nuageux.	N. fort.
24	764,00	+11,2	72	765,25	+13,7	64	762,05	+14,0	58	762,16	+11,0	76	+14,0	+ 7,6	Couvert.	N. fort.
25	759,57	+10,4	89	758,27	+11,4	55	757,40	+11,3	50	755,22	+ 7,4	55	+11,4	+ 7,4	Pluie fine.	O. N. O.
26	748,65	+ 7,8	65	747,89	+ 7,5	63	746,93	+ 8,2	66	747,42	+ 3,7	85	+ 8,2	+ 3,4	Pluie par intervalle.	N. O.
27	747,18	+ 4,6	82	747,38	+ 7,7	59	747,00	+ 8,9	45	748,57	+ 4,6	70	+ 8,9	+ 2,7	Couvert.	N. O.
28	749,60	+ 7,0	60	748,47	+ 9,2	50	747,40	+ 8,8	45	745,40	+ 5,0	94	+ 9,2	+ 1,8	Quelques éclaircies.	E.
29	742,60	+ 9,1	82	742,88	+10,6	76	743,26	+ 9,7	95	745,68	+ 6,8	92	+10,6	+ 6,8	Pluie fine.	E.
30	747,84	+10,8	44	747,67	+13,6	44	747,09	+14,2	40	747,57	+ 8,4	64	+14,2	+ 4,6	Nuageux.	S. S. O.
1	761,95	+12,2	70	761,58	+15,6	60	760,82	+16,9	50	761,51	+12,3	64	+16,9	+ 8,1	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en cent.
2	761,73	+ 7,4	59	761,83	+10,4	46	761,04	+11,1	40	761,69	+ 7,3	57	+11,4	+ 2,7	Moyennes du 11 au 20.	Cour. 4,180
3	756,18	+ 8,9	71	755,54	+11,3	57	754,74	+11,9	53	755,04	+ 7,8	71	+12,0	+ 5,2	Moyennes du 21 au 30.	Terrasse, 3,250
	759,95	+ 9,5	67	759,55	+12,4	54	758,86	+13,3	48	759,41	+ 9,2	64	+13,4	+ 5,3	Moyennes du mois, + 9,4.	

Digitized by Google

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES

DANS CE VOLUME.

Mémoire sur l'Esprit de bois et sur les divers Composés Éthérés qui en proviennent; par *J. Dumas* et *E. Péligot.* 5

Sur la Force électro-chimique de la Pile; par M. *Charles Matteucci.* 75

Sur les Tremblemens de terre des Andes; par M. *Boussingault.* 81

Sur l'Isomérie de l'Acide phosphorique; par M. *Thomas Graham.* 88

Note sur un Acide retiré de la Saponine; par *Edmond Fremy.* 101

Sur la Composition de l'Acide pyromucique; par M. *Boussingault.* 106

Digitized by Google

Analyse de l'Eau thermale de Lavey; par *S. Baup.*. 109
Observations météorologiques du mois de janvier. 112
Recherches sur les Propriétés du Tellure; par *J. J. Berzélius.* 113
Ascension au Chimborazo exécutée le 16 décembre 1831; par M. *Boussingault.* 150
Sur l'Ordre de tendance des Oxides pour les Acides, et les Applications qui en découlent; par *J. Persoz.* 180
Notice sur l'Ouragan qui ravagea l'île de Ténériffe dans le mois de novembre de l'année 1826; par M. *S. Berthelot.* 204
Observations sur l'Essai des Matières d'argent par la voie humide; par M. *Gay-Lussac.* 218
Observations météorologiques du mois de février. 224
Recherches sur les Propriétés du Tellure; par *J. J. Berzélius.* 225
Essais sur l'Acide succinique et sur quelques unes de ses Combinaisons; par *Félix d'Arcet.* 282
Sur la Composition de la Liqueur des Hollandais et sur une nouvelle Substance éthérée; par *V. Regnault.* 301
Nouvelles Observations sur l'Orcine; par *Robiquet.* 320
Observations météorologiques du mois de mars. 336
Essai d'une Théorie générale comprenant l'Ensemble des Apparences visuelles qui succèdent à la Contemplation des Objets colorés, et de celles qui accompagnent cette contemplation, c'est-à-dire la Persistance des Impressions de la Rétine, les Couleurs accidentelles, l'Irradiation, les effets de la Juxtaposition des Couleurs, les Ombres colorées, etc.; par *J. Plateau.* 337
Recherches sur les Modifications qu'éprouve l'Atmosphère par le Contact de certains végétaux dépourvus de parties vertes; par M. *F. Marcet.* 407

Digitized by Google

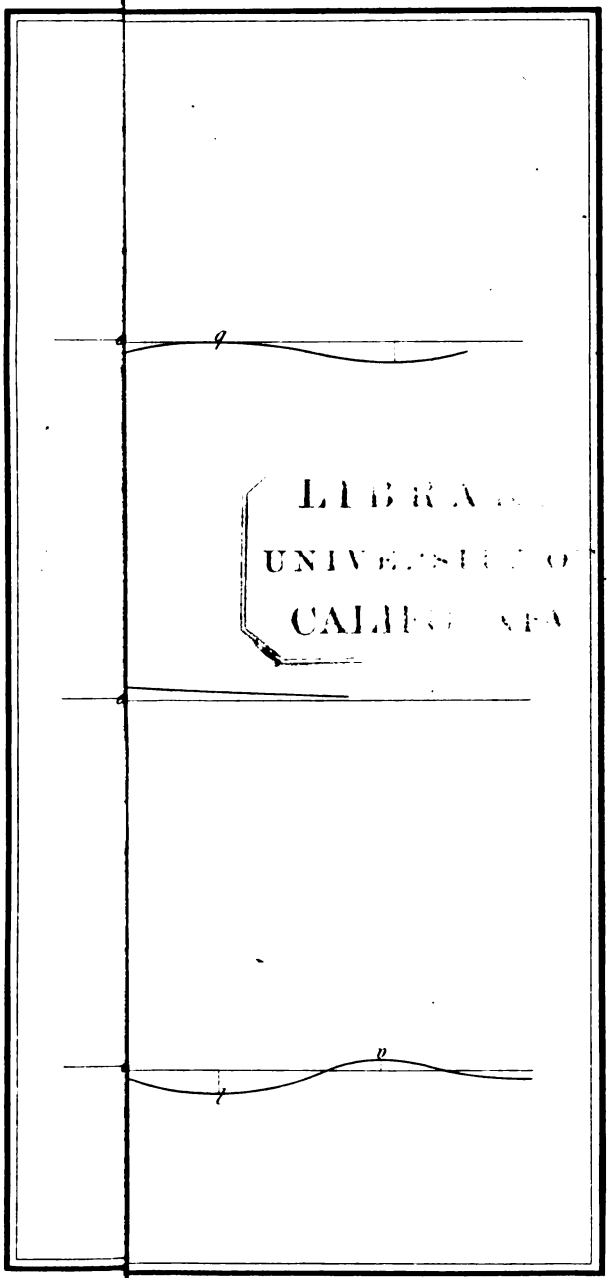
Nouveau procédé pour analyser les Silicates alcalins; par M. *Aug. Laurent.* 427

Note de M. *Ampère* sur la Chaleur et sur la Lumière considérées comme résultant de mouvemens vibratoires. 432

Observations météorologiques du mois d'avril. 445

FIN DE LA TABLE DU TOME CINQUANTE-HUITIÈME.

Digitized by Google



LIBRA
UNIVERSITY O
CALIF SAN

Grave par Le Blanc.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

HOME USE
CIRCULATION DEPARTMENT
MAIN LIBRARY

This book is due on the last date stamped below.
1-month loans may be renewed by calling 642-3405.
6-month loans may be recharged by bringing books to Circulation Desk.
Renewals and recharges may be made 4 days prior to due date.
ALL BOOKS ARE SUBJECT TO RECALL 7 DAYS AFTER DATE CHECKED OUT.

OCT 18 1975 58

APR 17 1976

IN STACKS

OCT 17 1975

JUN 4 1976

REC. CIR. JUL 15 '76

PHOTOCOPY NOV 21 '88

NRLF PHOTOCOPY AUG 24 '90

NRLF LIBRARY USE NOV 6 '90

LD21—A-40m-12,'74
(S2700L)

General Library
University of California
Berkeley

13389 QD1
A6
Sm.2
v.58

UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY